P. O. F. I. LIBRARY
AUG 24 1959
FISH & WILDLIFE SERVICE

NO. 9

Mar. 1957

ND
G1
P61
TB
J
R17

BULLETIN OF TOHOKU REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

東北海區水產研究所研究報告

第9號

水產廳

東北海區水產研究所

宮城縣塩釜市

昭和32年3月

TOHOKU REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

SHIOGAMA, MIYAGI PREF., JAPAN

東北海區水產研究所　研究報告　第9號

目　　次

寒天に関する研究……谷井　潔.. 1

サメのビタミンAに関する研究 第3報 A眞値及び遊離，エステル両型ビタミンAについて……山村彌六郎・武藤清一郎.. 61

日本近海の竿釣りビンナガ漁業における漁況と海況との関係について 第1報 黒潮前線の南側の漁場……川崎　健.. 69

東北海区に於けるカタクチイワシに就いて……小達　繁..111

カツオの胃内容物中にみられたゴマサバの幼・稚魚(薩南海区)……堀田秀之..129

垂下養殖カキの密度効果に関する研究 第1報 原板内の個体密度効果……谷田專治・菊地省吾..133

内湾底土中の可溶性栄養塩について 第5報 窒素並に燐の無機化に及ぼす貯藏溫度の影響……奥田泰造..143

内湾底土中の可溶性栄養塩について 第6報 底土間隙水中に含まれている無機態の窒素並に燐の季節的変化……奥田泰造..151

塩釜港内水に及ぼす廃水・陸水の影響 第1報 港内水の一般的性狀……谷田專治・奥田泰造・佐藤重勝..165

塩釜港内水に及ぼす廃水・陸水の影響 第2報 大雨後に於ける港内水の性狀..佐藤重勝・奥田泰造・谷田專治..182

寒天に関する研究※

谷　井　　潔

STUDY ON AGAR

By

Kiyoshi TANII

(I) Strength of agar gel

1. As stated in the previous report[1], agar gel was recognized to have the following physical properties: the rigidity coefficient T/θ, and the breaking load Tc of the agar gel are practically proportional to the square of its concentration $[C]$.

The range of the concentration is nearly from 1 to 1.6 percent.

The estimation of T/θ and Tc was made with the torsion dynamometer originally used by S. E. Sheppard et al[2][3] on the study of the gelatin gel (cf. Fig. 1•1).

The meaning of the notations are:

T : twisting moment in gr.

θ : angle of twist in degree.

Tc: the breaking load in gr which causes the crack of about 2mm on the mold.

The gel mold used by the author was as follows: The inner-diameter of it is 20 mm. The total height of the cylinder is 70mm, and the height of the movable part is 20mm.

As an arbitrary standard, the author preferred the agar which had the following relations, i. e.

$$T/\theta = 1.51[C]^2 \ldots\ldots \text{(a)} \qquad Tc = 11.9[C]^2 \ldots\ldots \text{(b)}$$

Then, using the relations stated, the physical properties of any sampled agar gel can be expressed as the amount of the standard agar.

The author thus obtains Cr from the equation (a) and Cc from the equation (b), where the suffix r is referred to rigidity and suffix c is to the cracking load.

Then Cc/Cr will be calculated, which shows the new scale independent of the concentration. When the gel is elastic, the value of Cc/Cr should be high.

※ 東北海区水産研究所業績　第91号

(1) K. Tanii : The Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab. **2** (1953)
(2) S. E. Sheppard, S. S. Sweet, J. W. Scott (1920)
(3) S. E. Sheppard, S. S. Sweet (1921)
(4) C. Neuberg, H. Ohle (1921)
(5) M. Samec, V. Isajevic (1922)
(6) F. Fairbrother, H. Mastin (1923)
(7) J. E. Eldridge, J. D. Ferry (1954)

Cr. s. is calculated by $Cr/[C]$, where $[C]$ is the concentration of the sampled agar. When the purity of the agar gel is high, the value of *Cr. s.* will also be high.

2. Using the result of § 1., an analysis was made of the physical properties of the commercial agar in Japan, and the agar samples obtained separately by the ordinary processing from several agarophytes such as:

Tengusa : *Gelidium Amansii* LMX.
Onikusa : *Gelidum Japonicum*(HARV.)OKAM.
Obakusa : *Pterocladia Capillacea*(GMEL.)BORN. et THUR.
Nanbugusa : *Gelidium subfastigiatum* OKAM.
Igisu : *Ceramium Boydenii* GEPP.
Hirakusa : *Gelidium subcostatum* OKAM.
Toriashi : *Acanthopeltis Japonica* OKAM.
Ogonori : *Gracilaria confervoides*(L.)GREV.
Egonori : *Campylaephora hypnaeoides* J. AG.
Kirinsai : *Eucheuma murticatum* WEB. v. BOS.

In Japan, the majority of the agar products are processed in winter, as the freezing and thawing method of dehydration and purfiication are adopted.

A small portion is processed in the refrigeration factory or by gel-squeezer.

These products have the following tendency, that is, *Cc/Cr* of the former is rather high and that of the latter is low, but *Cr. s.* of the former is somewhat low and that of the latter is generally high. The results shown in the Table 1•2 refer to the commercial agar products.

As to the agorphytes, Tengusa, Onikusa, and Nanbuuksa have long been used as the main weeds, while the others are used as subsidiary weeds in Japan.

It has long been believed that, as the jelly strength of the agar from the main weeds generally exceeds that from the subsidiary weeds, differences exist between the properties of the agar processed from these two kinds of weeds.

The author's experiments show that there are little differences in *Cc/Cr*, and that their differences are mainly based upon the factor of *Cr. s*, i. e. the content of real agar are rich in the main weeds and poor in the subsidiary weeds, the latter is rich in gluey extract which does not coagulate by standing(cf. Table1•3)

3. The change of physical properties during processing.

As stated in the previous report[1], the boiling and the bleaching processes have remarkable effects on the value of *Cc/Cr*.

The freezing, thawing, washing and drying processes cause relatively little changes on *Cc/Cr*, but when the pH value of the boiling solution is too low, *Cc/Cr* tends to diminish even in the above processes.

The washing of gel has always the remakable effect of enhancing the value of *Cr. s*, and though the apparent yield of the agar becomes lower, the real yield of agar does not change considering the increase of *Cr. s*.

When the physical properties change, the rate of the change of *Cc* is larger than that of *Cr*.

4. Sometimes, to maintain the constant qualities of the agar products their mixing

is necessary. The author shows how to calculate the mixing ratio of two agar products knowing *Cc/Cr* and *Cr. s.* of each gel.

(II) Sulphur in the agar.

The organic chemical investigation on agar clarified the existence of SO_3 of ester form bound to the agar molecule[4][5][6].

Recently it has frequently been shown in reports, that the ratio: SO_3in ash/total SO_3written was parall to the state of the jelly.

The author analysed the results of the experiments on the content of SO_3 in the agar, with the following results:

SO_3 in ash varies according to the existence of acid or alkali in the agar, and also by the composition of the ash. When acidic, the SO_3 content in ash decreases, and SO_3 bound to Fe orAl will be freed by ashing.

The total SO_3 will decrease by washing which removes the water soluble SO_3 in the crude agar gel.

As stated in the foregoing section, *Cc/Cr* varies considerably by the agar processing.

Therefore, it is impossible, except in a few cases, to estimate *Cc/Cr* of gel by knowing the ratio SO_3 in ash/total SO_3. With regard to the commercial agar products, it is recognized generally that rather highly negative correlation exists between *Cr. s* and total SO_3(cf. Table 2•9).

(III) The alkalinity of the agarophyte and the agar.

It may be important to know the details of the organic components to understand the state of the agar gel, but by the compositon ratio of inorganic positive and negative components, i. e. by alkalinity, it may be possible to recognize the state of the agar gel to some extent.

The author obtained the following results:

About alkalinity of agarophyte, those of the main weeds are positive, and those of the subsidiary weeds are nearly neutral or negative, i. e. acidic.

The positivity of the main weed largely depends on the carbonates of calcium and magnesium, and the negativity or relatively small positivity of the subsidiary weed has close correlation to the higher content of SO_3.

The pH value of the cold extract from the main agarophytes shows nearly 7 or so, and that of the subsidiary weed tends to become more acidic than that of the main agarophyte except for Eucheuma sp.

The most remarkable change of alkalinity occurs between the raw weed and the extracted crude gel. The changes of alkalinity among crude extracted gel, freezed and thawed gel, and agar products are rather smaller.

The range of alkalinity of the agar products is far less than that of the mucilage precipitated with ethanol from the crude extracted sol.

It is not adequate to decide the quantity of acid for the extraction of crude agar sol only by the calculation from alkalinity of the raw weed, but it will still be the

first clue, if the pH value of the solntion is also considered.

The commercial agar products from several origins were estimated. Some of them were alkaline, and some of them were acidic.

The effects of variety and the mixing ratio of the agarophytes, and those of alkali and acid used during processing are also discussed in the text.

(IV) The turbidity of agar gel.

The transparent agar gel is highly approved on the market.

Concerning the turbidity of agar gel, the author obtained the following results from his experiments:

The transparency of the agar gels is remarkably different according to their origins.

The light absorbancy is highly affected by their processing methods.

The cautions necessary to produce higher transparency of gel are:

Sufficient pounding and washing of agarophyte.

Uncoated iron vat or polyvalent cations in water should be avoided.

Excess of acid or bleaching are also to be avoided.

Careful filtraction of sol and washing of gel must be adopted.

From the results of Tyndall spectra of agar gel, the size of the agar aggregates in the gel may presumably be $10^3 \sim 10^4$ Å.

The changes in the strength of the jelly, and the volume contraction during sol-gel transformation were also estimated. The remarkable increase of turbidtiy during sol-gel transformation might be due to:

The size of agar aggregate may be larger in gel than in sol state.

The hydration of agar aggregate may also have retation. Moreover, the size of the agar aggregate was found to grow before the setting was completed.

(V) The melting point of the agar gel.

Hitherto, the melting point of gel has been regarded to have no correlation to the strength of agar gel. The author reinvestigated the subject and found the following:

The melting point of the agar gel becomes higher as the concentration of gel increases, but over the concentration of about 1 percent, the change of the melting point is relatively small.

At the fixed concentration, the melting point of the agar gel which has higher *Cc/Cr* is higher than that of the lower one.

When *Cr. s.* of the agar gel is higher, the difference of the melting point according to the concentration is relatively smaller.

Therefore, *Cc/Cr* and *Cr. s.* of the agar gel will be deduced by the estimation of the melting points at the several concentration (cf. Fig. 5•2).

When the cold extract of agar shows a low pH value, *Cc/Cr* of that gel will not be high, and its melting point will be low.

The heat of reaction for cross-liking of agar gel was calculated (7) (cf. Table 5•5)

目　　次

緒　　論 6

第1章　寒天ジエリーの強度 8

1) 測定装置及び測定方法
2) 寒天の比較定量法
3) 市販寒天のジエリーの強度
4) 原藻の単独煮熱に依る製品のジエリーの強度
5) 製造工程に於けるジエリーの強度の変化
   a) 心太水洗工程がジエリーの強度に及ぼす影響 (II)
   b) 寒天ジェリーの強度に及ぼす pH の影響 (II)
6) 混合寒天ジエリーの性状
7) 総　　括

第2章　寒天中に含まれる硫酸について 19

緒　　言
1) 全硫酸の定量
   a) 試　　料
   b) 定量操作
   c) 加熱条件
2) 灰分中の硫酸の定量
   a) 定量操作
   b) 粗灰分中の硫酸定量に及ぼす諸要因の検討
      i)無機成分の影響　ii)糖成分の比の影響　iii)酸の影響　iv)アルカリの影響
3) 寒天中の SO_3 とゲルの性状について
   a) 水洗工程に於ける SO_3 の変化
   b) 凍結融解工程に於ける SO_3 の変化
   c) 寒天ゲルの Cc/Cr に対する灰分中 SO_3/全SO_3 の関聯について
      i)単独原藻より抽出した寒天について　ii)一般市販寒天について
   d) 寒天中の全 SO_3 と寒天ゲルの $Cr.s.$
4) 総　　括

第3章　寒天の塩基度について 29

1) 寒天の塩基度
   a) 塩基度の測定法
   b) 試料及び測定結果
2) 各種原藻より抽出した粘質物の塩基度
3) 原藻の塩基度
   a) 試料及びその塩基度測定
   b) 原藻中の全 SO_3 測定
   c) 原藻の pH 測定
4) 製造工程に依る塩基度の変化
5) 原藻塩基度とその応用例
6) 個々の寒天の塩基度
   a) 寒天塩基度とその pH

b)　寒天塩基度と全 SO_3 の関係
c)　寒天塩基度と *Cr. s.* の関係
7)　総　　括
第4章　寒天ゲルの濁りについて……39
緒　　言
1)　計器及び試料の調製
2)　寒天試料に依る吸光度の相違
3)　濃度に依る吸光度の変化
4)　酸の及ぼす影響
5)　漂白工程の及ぼす影響
6)　無機電解質の影響
7)　濾過の効果
8)　ゲル水洗の効果
9)　寒天ゲルの分光分布曲線
10)　寒天ゲルのチンダルスペクトル
11)　ゾルからゲルへの変化
12)　総　　括
第5章　寒天ゲルの融点について……54
緒　　言
1)　試　　料
2)　融点測定法
3)　寒天浸出液の pH 及びゲルの *Cc/Cr* との関聯
4)　寒天ゲルの融解に要する熱量
5)　総　　括
結　　言……58
参考文献……59

緒　　論

我国の寒天業は第二次大戦以前に於て、世界全生産の約9割を生産した。最高は昭和15年で2900噸にも達した。国内需要はこの一部にすぎず、大半は輸出され全世界の需要を満して来た。第二次大戦中は、他の一般産業の場合と同じ様に、著るしい減産をみたが、近年漸くその生産は回復し、昭和27～29年の平均生産額は年間約1,600噸であつた。

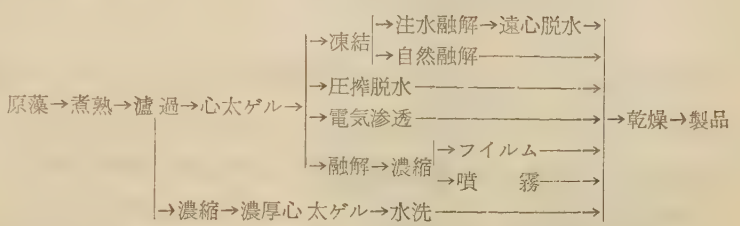
尙昭和28年に於ける輸出額は数量で1,080噸、金額にして約10億円に達し、我国の重要輸出水産物の一つに数えられている。

然しながら戦時中我国からの輸入杜絶に依り寒天の品不足に悩んだアメリカ、その他の西欧諸国に於ては、その需要を細菌培養用に制限すると共に、自国内に於て生産される寒天原藻よりの寒天製造に努力した。以来その生産は次第に増加し、又その品位に於ても向上は著るしい。尙韓国は在来の天然凍結法に依り品位は高くはないが安価な製品を生産し、ソ連邦は樺太、千島列島沿海州及び北海に尤大なイタニ草資源をもつている点、又オーストラリヤ沿岸のオゴノリの分布量の大きい点等は、これ等の諸国も亦将来寒天生産に大きな潜勢力となり得る事を示している。

以上の諸点から考えて、寒天は今後とも我国の特産品として、桃源の夢をみている訳にはゆかない情勢にある。

この様な情勢に対して我国に於ける寒天製造方面の研究は、近年人工凍結融解法、オゴノリ原藻のアルカリ処理法の工業化を経て、最近は生産費を低減するため、ゲルの脱水法にその重点が指向されて来た。

現在行われている寒天の製造工程を略示すると次表の様になる。



こゝに使用される原藻は、我国に於ては大部分の製法は、テングサを主原藻とし、之にヒラクサ オニクサ、オバクサ、トリアシ、イギス、オゴノリ、エゴノリ等のうちより若干を選び、之等を配合使用している。

これ等の海藻の含有する粘質物は、夫々特有の性状を持つものであり、この様に種々の配合藻を混用する目的は、その特性を適当に利用するためと云われている。

事実上製品である寒天からつくられるゲルの示す性状も、著るしく相違する場合が多い。

然しながら製造工学方面の研究が先行しているのに反し、製造の基礎となる化学的研究については、未明の点が多い。

寒天の化学構造については、荒木長次氏[1]はその綜説中に於て、現在では寒天分子中に agarobiose unit (4-β-D-galactosido-3-6-anhydro-L-galactose) の存在を提示するに止め、その炭水化物部分の化学的構造の全貌は今後の研究に俟たなければならないと云つている。然しながらその構造中に多糖類と結合する硫酸基の存在は、柳川鉄之助氏[2]に依つても認められている。尚寒天灰分中に含まれる諸元素のうち、一部の Ca, Mg, Fe, Al 及びアルカリ金属等はこの硫酸基と結合しているものもある事が知られている。

尚寒天の成分を論ずる際には、寒天質は原藻より熱水に依り抽出されるものなので、抽出に当つては種々の共存物質が同時に抽出れさる事を考慮しなければならない。従つてその精製過程に依つて、得られる寒天の化学的組成は必ずしも同一とは考えにくい。又寒天質は高分子電解質として考えられるので、その原藻からの製造工程に依つて、解重合等に基く性状の変化も亦考えなければならない。

この様な事が従来寒天の基礎的研究を困難にして来たものと思われる。

寒天に対する定義も研究者に依つて異つている。C. K. Tseng[3], E. J. F. Wood[4], アメリカ薬局方[5]等の定義は若干の相違がみられるが、紅藻類より抽出される乾燥した親水性コロイド物質であり、1～1.5% の濃度で水と共に加熱溶解後放冷する事に依りゲル化する点では一致している。

寒天の物理的性状とその化学的組成の関連についても、これまで不明な点が多く、過去の研究を概観すると、寒天の品位に関する基礎的な研究は少ない様に思われる。

著者は寒天ゲルの物理化学的性状について、考究し、これを比較定量化する事が可能と考えられる結果を得た。この分析法を応用して、寒天の製造工程中に於けるゲルの性状分析を行い、若干の知見を得た。又寒天中に含まれる硫酸定量の分析化学的意義、塩基度の測定とその応用、更にゲルの濁り、その濁りに及ぼす諸要因、及びその結果から、寒天定量に対して比濁法の適用限界等についても若干の研究結果を得た。又寒天ゲルの融点とその性状についても考究した。以下各章に於て之等について論じてゆきたい。

本研究の遂行に当り終始多大の御配慮と激励を頂いた東北海区水産研究所木村所長、東北大学小林松助、富永斉両先生、安積宏、箱守新一郎両教授、東京水産大学田内森三郎教授、東海区水産研究所右田正男博士、内海区水産研究所長花岡資博士に厚く感謝する。

尚研究途上いつも有益な御助言を頂いた東北大学網卷熙、天笠正孝、三井生喜雄各教授、実験の一部を担当され多大の御協力を頂いた酒井壽恵、木村関男、渡辺武彦はじめ同僚諸官に厚く御礼申上げる。

又実験材料の蒐集に当つては、同僚、寒天業界及び各地の漁業協同組合各位の御協力を頂いた事を深謝致します。

第1章　寒天ジエリーの強度

1)　測定装置及び測定方法

従来寒天を加工使用するに当つて、その使用目的に依つて寒天の産地・銘柄を選択する商習慣がある。そうして寒天の品位を示す一つの手段として、ジエリー強度が測られている。このジエリー強度の機械的測定方法については種々な方法[1][2][3][4][5]があるが、日寒水式[5]が現在広く採用されている。いづれの方法に於ても、一定の濃度で一定形状の寒天ジエリーに対する破挫荷重の大小で、その価値を決定している。しかしジエリー強度を測定してみると、同一のジエリー強度を示しながら、その破挫直前のジエリーの形状は、比較的最初の形状に近い場合と、著るしく凹み変形している場合とがみられる。一般に前者は脆く、後者は粘り強い感じを与える。この事からジエリーの強度を知るために、寒天ゲルの破挫荷重と共に剛性係数を比較する事が望ましい。

予備実験に依れば、寒天ゲルは破挫点近くまでは、加えられた外力とそれに伴う歪は比例すると考えられたので、測定装置としては S. E. Sheppard[6][7] 氏等に依り発表された測機に依り平野弘[9]氏が製作した動捻計 (Torsion Dynamometer) を使用した。第1・1図参照。この動捻計では、剛性率 G は次式で示される。

$$G = \frac{583.6Tl}{D^4\theta}\ \mathrm{g/mm^2} = k\frac{T}{\theta}$$

こゝで

T：瓦単位で示した捩りのモーメント

θ：度単位で示した捩りの角度

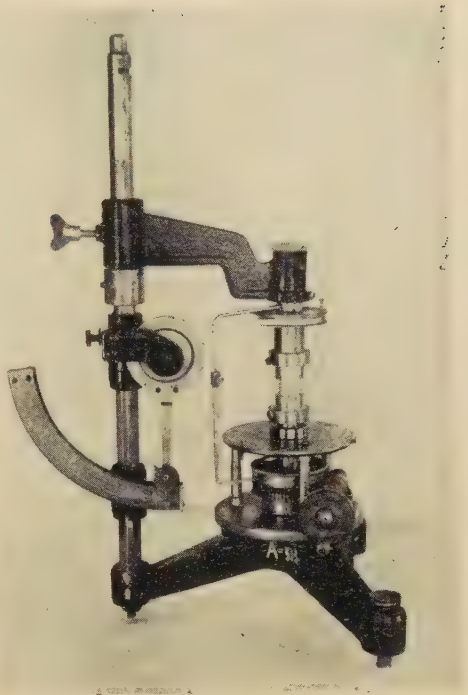
l ：寒天ゲルの可動部の高さ。20mm

D：寒天ゲルの直径。30mm

である。従つて k は，この測定機に於て測定条件がきまると常数とみなしてよい。実際には T/θ の大小を測定する事に依り、寒天ゲルの保形能力を比較し得よう。

試験片の作製及び測定は、次の様にして実施した。

内容 500cc のコルベン中に、風乾物寒天試料 8g を秤取し、蒸溜水を加えて 400cc とした。コツホ氏殺菌釜中で、90 分間 (98°C) 加熱溶解させ、夾雑物を認めた場合はガーゼで濾過した。よく攪拌均一化した寒天ゾルを、平均5～7 個の試験型[1] (全高 70mm. 内径 30mm. 可動部高さ20mm.) に注入し、室温で約20時間自然放冷して凝固させた。



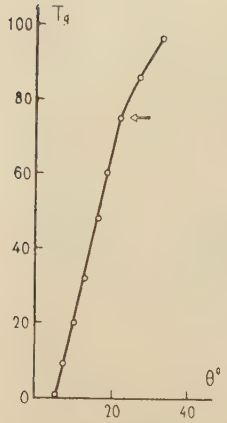
第1·1図 動 捻 計

第1·2図 動 捻 計 試 験 片 型

後 20°C で 2 時間恒温に保ち試験片とし、1 個づゝ、剛性係数 T/θ、破挫点に於ける荷重 Tc 及び破挫点に於ける捩りの角度 θc を測定計算する。

実測に当つては、恒角速度で寒天ゲルに捩りを与え、寒天ゲル試験片の捩り θ と、これに釣合う荷重 T を，約4～5秒間隔で同時に読みとつて行き、試験片に長さ 2mm 程度の割目がはいつた荷重点を Tc とした。試験片が均一な寒天ゲルであれば割目は数ヶ所に同時に発生する。その経過を図示すると第1·3図の様になる。

図中・点は観測点であり ← は Tc (g 単位) の点である。T/θ は Tc 以下の観測点をなるべく多く含む直線が水平軸に対してつくる角度を 瓦/度 単位の数値で示す事にした。又この直線が水平軸と交わる点と、Tc の点の水平軸上の座標の差で θc を示す事にした。この場合原点と、



第1·3図

この Tc を示す直線が水平軸と交わる点との距離（α）は寒天質の濃度が著るしく低い場合を除き一般に小さい。

尙この実験の捩りの角速度は 90°/min. であつた。時間の経過と共に、荷重 T の変化の仕方は次の第1·1表の様であつた。この T_0, T_1, T_2 のうち標準に用いたのは T_1 である。又 T_1 が使えぬ位 Tc が大きい場合は T_2 を、又 T_1 を使用した場合にその観測点数が少ない場合、即ち Tc が小さい時は T_0 を用いた。この様にして各試験片について得られた T/θ, Tc 及び θc のそれぞれの測定値の母平均（$\alpha=0.05$）の信頼限界を算出表示する事にした。

第1·1表

時間	荷重（瓦）		
（秒）	T_0	T_1	T_2
0	0	0	0
5	9.3	15.1	20.8
10	18.5	30.0	41.2
20	35.8	57.8	79.5
30	50.6	81.8	112.3
40	62.0	100.1	137.7
50	69.2	111.5	153.5
60	71.6	115.6	159.

2）寒天の比較定量法

著者[1]は先にその性状に差のある寒天ゲルについても、それぞれゲルの濃度〔C〕と T/θ 及び Tc の間には、一般に 1～1.6% の濃度範囲で、

$$T/\theta=K_1[C]^2,\quad Tc=K_2[C]^2$$

とみなしてよい事を示した。こゝで K_1 及び K_2 はそれぞれ各寒天固有の常数である。従つて $Tc/T/\theta$ の比も亦寒天の濃度と関係なく各寒天固有の数値を示すものと考えられる。

今　$T/\theta=1.51C^2$ ……(1)

$Tc=11.9C^2$ ……(2)

の式に従ふ性状をもつ寒天を暫定的標準として、任意の寒天ゲルの T/θ, Tc の標本平均値を(1)·(2)の式に入れて算出した濃度を、それぞれ Cr, Cc とすると、この寒天ゲルの性状を、標準寒天の濃度に換算して示す事が出来る。

従つてこの場合その寒天の測定濃度を〔C〕とし、且つ今後取扱う各寒天が〔C〕で示された濃度及び濃度 1% に於いて、$T/\theta=KC^2$（K は各寒天固有の常数）を満足するとみなすと、次の $Cr.s$ の数値によつて、各寒天の 1% ゲルが持つ剛性係数を比較表現する事が出来る。

$$Cr.s.=\frac{Cr}{[C]}\quad\cdots\cdots(3)$$

又同一系列の実験試料では、$Cr.s.$ に依り試料中に含まれる寒天質の多少を知り得るであろう。

尙一般に $Tc/T/\theta$ の比は (1)·(2) の式から

$$Tc/T/\theta=\frac{11,9\,(Cc)^2}{1.51\,(Cr)^2}=7.88\left(\frac{Cc}{Cr}\right)^2\quad\cdots\cdots(4)$$

従つて Cc/Cr の数値を基礎として、寒天質が所謂弾力質か或は硬度質かを比較判定できる。

数値の大きいものは一般に弾力のあるねばり強い寒天質であり、数値が小さくなるにつれて脆い感じが出て来る。

3) 市販寒天のジエリーの強度

品質がすぐれていると考えられる寒天製品のうちから、内地伊谷寒天（信州産）(1)、樺太伊谷寒天(2)、オゴノリのアルカリ処理後、その抽出心太を圧搾脱水又は電気滲透に依り脱水及び脱塩してつくつた寒天(3)•(4)、テングサを主要原藻として人工冷凍法によりつくつた寒天(5)•(6)、関西細寒天(7)、関西角寒天(8)、岐阜細寒天(9)•(10)、岐阜系と考えられる岩出山細寒天(11)、島根細寒天(12)、信州細寒天(13)•(14)、信州角寒天(15)•(16) 等について、濃度〔C〕に於ける T/θ, Tc, θc 等を前記の実験条件で測定計算し、(1)•(2)•(3) 及び (4) の式に之等の標本平均値を入れて Cc/Cr, $Cr.s.$ 等を求め表示すると第1•2表の様になつた。

第1•2表

試料番号	T/θ	Tc	θc	〔C〕	Cc/Cr	$Cr.s$
1	4.73±0.55	4.16±1.9	9.2±1.0	1.58	1.06	1.12
2	3.83±0.49	30.0±2.9	8.0±1.1	1.58	1.00	1.01
3	7.00±0.43	72.3±5.3	10.4±1.3	1.63	1.15	1.32
4	8.02±1.38	71.2±5.4	8.9±1.0	1.64	1.07	1.40
5	4.31±0.47	46. ±10.	10.8±1.2	1.55	1.17	1.09
6	5.44±0.32	69.2±5.5	12.9±1.2	1.56	1.27	1.22
7	2.65±0.2	36.1±1.6	13.9±0.9	1.59	1.31	0.83
8	2.29±0.15	38.6±0.2	16.7±1.0	1.54	1.46	0.80
9	5.23±0.58	58. ±3.7	11.3±1.1	1.53	1.19	1.22
10	2.46±0.29	34.3±5.2	14.2±1.2	1.57	1.33	0.81
11	4.60±0.46	68.7±12.7	15. ±2.1	1.56	1.38	1.12
12	2.66±0.18	28.3±0.4	10.8±1.0	1.56	1.16	0.85
13	1.60±0.12	21.7±3.1	13.6±1.2	1.54	1.31	0.67
14	3.09±0.23	55.0±6.4	17.8±1.4	1.59	1.50	0.90
15	1.47±0.18	21.0±1.4	14.6±1.3	1.55	1.35	0.64
16	2.19±0.05	26.2±2.2	12.0±1.2	1.58	1.23	0.74

之等の実験例では Cc/Cr は 1.00～1.50, $Cr.s.$ 0.64～1.4 の範囲にあつた。

現在その在庫量が僅少と考えられる(1)•(2) を除き (3)～(6) の人工製品、(7)～(12) の信州以外の天然寒天、(13)～(16) の信州寒天にわけて、Cc/Cr の平均値の差の有意性を検定した。(3)～(6) と (7)～(16) の間には[10] $F_0=6.63>F_{12}^{1}(0.05)=4.75$ で有意な差が認められた。即ち之等の人工製法による寒天の Cc/Cr の平均値は、天然寒天のそれより小さいと考えて差支えない。尚 (3)～(6) と (13)～(16) の場合の平均値の差は $F_0=6.76>F_0^{1}(0.05)=5.99$ であつて、人工製法に依る寒天の Cc/Cr の平均値は、信州寒天のそれより小さかつた。然し (3)～(6) と (7)～(12) の間では、その平均値の差は $F_0=0.36<F_8^{1}(0.05)=5.32$ で有意ではなかつた。

$Cr.s.$ についても同様に (3)～(6), (7)～(12), (13)～(16) の三つの層にわけてしらべた。(3)～(6) と (7)～(16) の間では $Cr.s.$ の平均値の差は $F_0=15.2>F_{12}^{1}(0.05)=4.75$ で有意であつた。即ち之等の実験例では、人工製造法による寒天のジエリーの $Cr.s.$ の平均値は天然寒天の場合のそれより大きかつた。(3)～(6) と (7)～(12) のそれぞれの平均値の差は $F_0=8.9>F_8^{1}(0.05)=5.32$ で有意であつた。又 (3)～(6) と (13)～(16) の平均値の差は $F_0=34.2>F_6^{1}(0.05)=5.99$ で有意であつた。

以上の事実から人工製法に依る寒天は、$Cr.s.$ が大きく Cc/Cr が小さい点に特徴があり、天然寒天は一般に $Cr.s.$ は小さく Cc/Cr は人工製造法に依る場合より大きい事が注目される。即

第1·3表

試料番号	原藻の種類	(産地)	Cc/Cr	Cr.s	備考
1	テングサ	(須崎)	1.29	1.04	2.3.1.
2	〃	(〃)	1.49	0.91	2.3.18.
3	〃	(〃)	1.40	0.94	2.3.19.
4	〃	(白浜)	1.26	0.89	2.3.2.
5	〃	(〃)	1.21	1.06	2.3.3.
6	〃	(名振)	1.90	0.74	4.5.1a
7	〃	(〃)	1.55	1.00	4.5.1b
8	〃	(〃)	1.47	0.93	4.5.2a
9	〃	(〃)	1.31	1.02	4.5.2b
10	〃	(〃)	1.96	0.83	4.8. I.
11	〃	(桃浦)	1.84	0.78	4.5.3a
12	〃	(〃)	1.65	0.90	4.5.3b
13	〃	(〃)	2.21	0.89	4.5.4a
14	〃	(〃)	1.54	0.95	4.5.4b
15	〃	(〃)	1.59	0.96	4.8. E
16	〃	(〃)	1.78	1.09	4.8. G
17	〃	(気仙沼)	2.04	0.89	4.5.5a
18	〃	(〃)	1.94	0.79	4.5.5b
19	〃	(雲見)	1.65	0.90	4.8. N
20	〃	(〃)	1.63	0.93	4.8. P
21	〃	(入間)	1.50	0.87	2.3.13
22	〃	(須崎)	1.67	0.99	(1)
23	ナンブグサ	(有珠)	1.73	0.82	4.5.8a
24	〃	(〃)	1.51	1.15	4.5.8b
25	オニクサ	(須崎)	1.44	0.83	2.3.7.
26	オバクサ	(〃)	1.45	1.06	2.3.4.
27	〃	(〃)	1.34	0.98	2.3.5.
28	イギス	(気仙沼)	2.28	0.84	4.5.6a
29	ヒラクサ	(須崎)	1.37	0.68	2.3.8
30	トリアシ	(〃)	0.94	0.79	2.3.6
31	〃	(〃)	0.97	0.78	2.3.9
32	オゴノリ	(浦安)	1.72	0.57	4.5.9a
33	〃	(宮戸島)	1.23	0.77	4.5.10a
34	〃	(〃)	1.68	0.57	4,5,10.b
35	エゴノリ	(岩崎)	1.63	0.35	4.5.7
36	キリンサイ	(蘭領？)	2.05	0.06	(2)
37	〃	(〃)	2.70	0.11	(3)

ち人工製法に依る寒天は現在之等の実験例よりみて硬く且つ脆い傾向がある。又天然寒天の場合は柔かでしなやかな傾向がみられる。信州寒天以外の天然寒天と信州寒天では、前者のゲルは人工寒天のそれと *Cc/Cr* の項では差は認められなかつたが、*Cr.s.* では差は認められた。尚後者の信州寒天については *Cc/Cr*, *Cr.s.* 共に人工寒天のそれ等と差を認めた。従つて信州寒天以外の天然寒天は、そのゲルの性状は人工製造法に依る寒天と信州寒天の中間に近いものと云えよう。

4) 原藻の単獨煮熟に依る製品のジエリーの強度

各種の市販寒天が産地・銘柄等に依つて、そのジエリーの *Cc/Cr*, *C.s.* 等に差を生ずるのは、その寒天の製造に当つて使用した原藻の種類、各種原藻の配合割合、又その製造工程等に主な原因があるのではないかと考えられる。

そこで先づ従来の寒天製法に準じて、各種の原藻を単独煮熟してつくつた寒天について、それぞれの *Cc/Cr*, *Cr.s.* 等をしらべる事にした。使用した資料は第1·3表に示した様である。

表中の備考欄の例えば2.3.1. とあるのは、著者報告第2報[11]、第3表の試料番号 (1) を示している。試料番号 (22), (36), (37) は本報告の第1·4表の試料番号 (1), (2), (3) に対応するものであつて、寒天の抽出製造は第4報[12]第2表の記載例に準じて行つた。尚第1·4表試料番号 (2)・(3) のキリンサイは北大理学部山田教授により *Eucheuma muricatum* Web. v. Bos. と査定されたものである。

尚第1·4表の試料 (3) は水洗後原藻を NH_4OH 水中に浸漬40°C で約120分間保温し、次に 50°C の温水で水洗後、

第1·4表

試料番号	原藻種類 (産地)	原藻重量 (g)	水分 (%)	煮熟水量 (cc)	煮熟時間 (min)	心太収量 (g)	寒天収量 (g)
(1)	テングサ(須崎)	600	(22.6)	12.800	180	9.250	50.7
(2)	キリンサイ(蘭領ボルネル？)	80	(27.8)	1.240	120	970	—
(3)	キリンサイ(〃)	200	(37.5)	1.900	90	1.170	—

表示の煮熟水量になるまで水を加え、煮熟を行つた。第1•3表(1)～(22)のテングサ寒天資料について、信頼度95%で計算した母平均の信頼限界を示すと、$Cc/Cr=1.63\pm0.12$, $Cr.s.=0.92\pm0.04$ となつた。

寒天ジエリーの強度

試料番号	T/θ	Tc	θc	〔C〕
(1)	3.82±0.33	8.4±5.1	22.1± 1.8	1.60
(2)	0.21±0.09	7.0±2.4	34.0± 9.6	6.12
(3)	0.47±0.10	27. ±7.9	58.0±21.6	4.94

資料の数は少ないが (23)～(28) のナンブグサ、オニクサ、オバクサ及びイギス等の単独煮熟に依つてつくられた寒天と、(1)～(22) のテングサ寒天について、Cc/Cr, $Cr.s.$ の平均値の差の有意性を検定してみると、

Cc/Cr : $F_0=0.005$
$Cr.s.$: $F_0=0.42$ $\quad F^1_{20}(0.05)=4.22$

となつて差は有意でなかつた。このことから、これ等の寒天はテングサ寒天に準ずるものと考えて大過ないであろう。

ヒラクサ、トリアシ以下の所謂配合藻では、$Cr.s.$ の数値に就いてはヒラクサ寒天、トリアシ寒天等は配合藻寒天のうちでは比較的に大きかつた。

オゴノリ、エゴノリ、キリンサイ等の寒天の $Cr.s.$ は順次小さいのに反し Cc/Cr は小さくない点は注目される。そこで (1)～(22) のテングサ寒天と (29)～(37) の配合藻寒天について Cc/Cr, $Cr.s.$ の平均値の差の有意性[13]をしらべると、

Cc/Cr : $(\bar{x}-\bar{y})/w=0.2<tc=2.3$
$Cr.s.$: $(\bar{x}-y)/w=4.2>tc=2.3$

となつた。従つて寒天原藻から通常の天然製法に準じた方法で寒天をつくつた場合、親草と配合藻では Cc/Cr の差は有意ではなく、$Cr.s.$ は配合藻の寒天では親草の寒天より小さいと考えてよいであろう。

この事は所謂ジエリー強度、即ち〔Cc/Cr〕×〔$Cr.s.$〕が一般に親草から得られた寒天の場合に大きく、配合藻のそれは小さい例が多い事と関連して考慮される。それで配合藻寒天のジエリー強度を高めるためには $Cr.s.$ の数値を大きくする事がのぞましい。第1•2表の試料 (3), (4) 等のオゴノリから機械化製造法によつて得られた寒天の $Cr.s.$ が大きいのはその製造工程と関連して興味深い事実である。

5) 製造工程に於けるジエリーの強度の変化

著者[14]は先にテングサを実験例として、原藻の煮熟、心太の凍結・融解・常温乾燥・水洗・漂白等の諸工程に於けるジエリー強度の変化の過程を報告した。その結果を要約すると、寒天ジエリーの性状 Cc/Cr を大きく左右するものは煮熟、漂白等の工程であつて、加熱の程度が大きい程、漂白がはげしい程 Cc/Cr は減少する。又著者の実験条件では凍結・融解・常温乾燥・水洗等の工程では Cc/Cr は変化を認める事は出来なかつた。こゝではその後の実験結果を追加報告する。

a)　心天水洗工程のジエリーの強度に及ぼす影響(Ⅱ)。

著者が先に行つた実験条件[15]は、

(1) 心太ゲルー凍結→加水融解→遠心分離→風乾→寒天→ゲル。

(2) 心太ゲル→凍結→自然融解→風乾→寒天→ゲル。

(3) 心太ゲル→加水洗滌→遠心分離→凍結→加水融解→遠心分離→風乾→寒天→ゲル。

の3条件にわけられる。その間で Cc/Cr には有意な差は認められなかつたが、$Cr.s.$ については第1•5表の様に水洗の程度が増すに従つて大きい数値がえられた。

第1•5表

Ⅰ	(1)～(2)	F_0 =2.94	$F^1_{10}(0.05)$ = 4.96
	(2)～(3)	F_0*=20.6	〃
	(3)～(1)	F_0*=19.6	〃
Ⅱ	(1)～(2)	F_0 =0.30	$F^1_{13}(0.05)$ = 4.67
	(2)～(3)	F_0*=60.	〃
	(3)～(1)	F_0*=38.3	$F^1_{14}(0.05)$ = 4.60
Ⅲ	(1)～(2)	F_0 =4.28	$F^1_{14}(0.05)$ = 4.60
	(2)～(3)	F_0*=35.2	$F^1_{13}(0.05)$ = 4.67
	(3)～(1)	E_0*=89.8	〃

しかしながら、次の実験例は、同一の心太ゲルから出発して、水洗工程を経過した製品のゲルの Cc/Cr が、水洗工程を経ない普通製法に依つた製品寒天ゲルのそれより大きい例である。

試料として使つた原藻の種類及びその配合率は次の様であつた。右の様な草割をした試料 940g を2晝夜水洗後水切し、14.4L の水を沸騰させて草入れを行い、30 分後濃硫酸（比重1.84）4.cc を 300cc に稀釈して加え、2 時間後火止めして更に5時間約 92°C に保溫抽出を行い、濾液を採つた。尙濾過材として毛布片を使用した。濾液收量約 8L。心太液は放冷凝固後約 6mm² に天突きを行い、心太をそれぞれ 1.200g づゝ使用して次の様に処理した。

テングサ	（入間産） 50%
オバクサ	（産地不明） 20%
ヒラクア	（須崎産） 20%
オニクサ	（仁科産） 10%

(a) 心太を約 10L の水（水溫 5°C 以下）に 15 時間浸漬水洗した。この間に3回換水した。この様に水晒した心太ゲルを戸外に於て、常法によつて凍結融解を行い風乾仕上を行つた。

風乾寒天收量は 45.3g であつた（水分 24%）。

(b) 心太を水晒せずにそのまゝ戸外に於て常法に従つて凍結・融解を行い、風乾仕上をした。

この風乾寒天收量は 49.6g であつた（水分 23.5%）。

次に (a)・(b) の風乾寒天を常法に依り試驗片につくり、そのジエリーの強度を実測計算して第1•6 表を得た。

第1•6表

試料番号	T/θ	Tc	θc	[C]	$Cr.s.$	Cc/Cr
(a)	4.05±0.33	55.0±1.2	13.4±0.7	1.52	1.08	1.31
(b)	3.52±0.23	28.6±3.0	8.2 ±1.0	1.53	1.00	1.01

即ち水洗工程に依り $Cr.s.$ は大きくなり、又 Cc/Cr も大きくなる様に思われる。(a)•(b) について $Cr.s.$ の差を検定してみると F_0=13.2 $F^1_9(0.05)$ =5.12 であつた。次に $Cr.s.$ の信頼限界を信頼度 95% で求めると (a)1.12～1.03, (b)1.03～0.97 となつた。

この数値に無水寒天の收量を計算して乘ずると、(a)•(b) それぞれについて実質的な寒天收量

に比例する数値を得る。即ち (a)38.6～35.5, (b)39.1～36.8。この結果からみると第3報[16]の場合と同じ様に水洗工程を経過したものは、しないものより見掛上の寒天收量は小さいが実質的な寒天收量には有意な差はみとめられない。

次に $Tc/T/\theta$ の比を (a) 及び (b) の各試験片について求め、(a) と (b) の平均値の差の有意性を検定すると $F_0=83.7$ $F_0(0.05)=5.12$ となり水洗工程を経たもゝ方がこの場合 $Tc/T/\theta$ の比は大きい。

次に原藻煮熟の際の原藻重量/煮熟水量、酸量/煮熟水量、酸量/原藻重量の諸数値を求める。

この実験例を (*X*)、前半に於いて行つた須崎産テングサ単独煮熟の例[16][15] を (*Y*)、又木村氏[17]が多くの実例から求めた数値を (*Z*) として表示すると第1•7表の様になつた。尚酸量は比重 1.84 の濃硫酸の瓦数である。

第1•7表

	原藻重量/煮熟水量 (g/L)	酸量/煮熟水量 (g/L)	酸量/原藻重量 (g/100g)
(*X*)	64	0.5	0.78
(*Y*)	37	0.12	0.31
(*Z*)	41	0.13	0.32

即ちこの実験例(*X*)に於ては通常広く用いられている方法より煮熟水量に対する原藻重量、煮熟水量に対する酸量、又原藻重量に対する酸量共に著るしく大きい。従つて原藻から抽出された心太ゲル中にも (*Y*)•(*Z*) の場合より酸が多く残存し、次項の寒天ゲルの性状に及ぼす pH の実験例から考えると、水洗工程を採らない場合には、凍結•融解•風乾乾燥工程中に於て、これ等の過剰の酸は drip として除去されながらも、尚寒天質の一部を加水分解して $Tc/T/\theta$ の比を小さくするものと考えられる。以上の結果から原藻の煮熟に当つて酸の過剰が存在する場合は、水洗工程はむしろ望ましい。

b) 寒天ジエリーの強度に及ぼす pH の影響 (II)

著者[18]は先にテングサ寒天を試料とし、pH 3.9～8.8 の範囲で、pH が寒天ジエリーの T/θ, Tc, θc 等に及ぼす影響を論じた。今こゝに第1•8表の実験結果を追加して溶液の pH が更にアルカリ側にある場合をも含めて、論じよう。

第1•8表

試料	T/θ	Tc	θc	[C]	pH
H	2.83±0.19	41.6±2.7	14.5±1.4	1.55	10.5
I	1.56±0.41	17. ±3.1	10.2±2.7	1.85	11.6

試料は第4報第2表試料番号2aの製品であつて、ゲルの調製は前報[18]の場合と同様であつた。尚試験片はアルカリ性の加熱によつて、(H)の試験片はやゝ薄茶色に、(I)のそれは顕著な黒褐色に変化した。然しながらこの着色物質は試験片を薄片として流水中に浸漬すると、かなり除去される。第4報第19表[18]とこの第1•8表から pH が異つている各試料毎に、同一濃度（こゝでは1% を採用した)の T/θ, Tc 及び $Tc/T/\theta$ の平均値を計算して表示

第1•9表

試料	A	B	C	D	E	F	G	H	I
pH	3.9	4.8	5.6	6.2	6.4	7.8	8.8	10.5	11.6
T/θ	0.88	1.15	1.29	1.32	1.31	1.24	1.27	1.18	0.71
Tc	3.8	15.9	22.8	21.0	22.3	18.5	19.3	17.3	7.8
$Tc/T/\theta$	4.9	13.9	17.7	15.9	17.0	15.0	14.6	14.7	11.3

すると第1•9表の様になつた。

分散分析の結果 T/θ の項は (A•B), (C•D•E•F•G), (H), (I) の間に有意な差が認められ、Tc の項は(A•B), (C•D•E), (F•G•H), (I) の4区間に有意な差を認めた。$Tc/T/\theta$ の項も亦(A•B), (C•D•E), (F•G•H), (I) の4区間に有意な差を認めた。

以上の事から寒天ゲルは、酸性又はアルカリ性が強い状態で加熱すると、$T/\theta, Tc, Tc/T/\theta$ 等が減少する。従つて寒天製造上 pH が 5.6 以下になる事は好ましい事ではない。又 pH8.8 程度のアルカリ性に於て 90 分間 98°C 程度に加熱する事は T/θ に重きを置く時は差支えないが、Tc は減少してやゝ脆い型の寒天になつてゆく。

酸の過剰があるために $Tc/T/\theta$ が小さくなる例は、しばしば経験する事であるが、第1•2表試料番号 (3)•(4) のオゴノリ寒天は寒天質の抽出に先立つ予備処理工程中に 1% NaOH 溶液中で原藻の加熱を行つている。同一産地•種類の原藻をこの様な予備処理を行わずに、普通の方法で処理して寒天をつくつた例は、第1•3表32. の例でもみられる。前者の Cc/Cr は後者のそれより著るしく小さい。この原因は煮熟条件、漂白工程の有無等にも関連するものと思われるが、その一部は強アルカリの存在に於ける加熱条件にも基因するものと考えられる。

6)　混合寒天ジエリーの性状

現在では寒天を製造するに当つて、多くの場合各種の原藻を配合して煮熟を行つている。尚これまでの経験に依ると、製品に影響を与える原藻の配合割合•煮熟•漂白•乾燥等の諸工程を毎回同一と考えられる条件で処理しても、その製品に常に均一なジエリーの強度を持たす事は困難である。この事は天然製造法に於ては、心太の凍結•融解•乾燥工程が気象条件に依つても、大きく左右されるので特に著るしい。第 1•10 表の例は製造管理に比較的熱心なある工場に於て、同一な原藻の配合条件で、煮熟•漂白等も努めて同じ様に一冬間製造を行つた際、外観的に相違を判別できた4種の寒天について実測したジエリーの強度である。測定条件はこれまでの分と同じであつた。

第 1•10 表

試料	T/θ	Tc	θc	〔C〕	備　考
A	4.60±0.46	63.7±12.7	15.0±2.1	1.56	外観は最も白い.
B	4.35±0.49	63.5± 6.7	14.7±2.8	1.57	(A) よりやゝ光沢が劣つていた.
C	3.94±0.33	61.5±10 2	15 6±2.7	1.56	凍結融解中に雨にあつた事がある.
D	3.71±0.48	46 6±11.3	12.9±2.1	1.60	「オリ」のついている点が目立つた.

1% 濃度の標本平均値を計算して第1•11表を得た。

第 1•11 表

	A	B	C	D
T/θ	1.89	1.77	1.62	1.45
Tc	28.3	26.6	25.3	18.2
$Tc/T/\theta$	14 9	14 8	15.7	12.9

T/θ の項についてしらべてみると (A)•(B)•(C)•(D) の級間変動と級内変動との分散比は $F_0=7.5>F^3_{20}(0.05)=3.1$ で、差は有意であつた。尚 (A•B•C) と (D) の間では $F_0=12.4>F^1_{22}(0.05)=4.30$ であつた。

Tc の項については (A)•(B)•(C)•(D) の級間変動と級内変動の分散比は $F_0=6.53>F^3_{19}$

$(0.05)=3.13$ であり、(A•B•C) と (D) の間では $F_0=17.7>F^1_{21}(0.05)=4.32$ であつた。

然しながら $Tc/T/\theta$ について (A)•(B)(C)•(D) の級間変動と級内変動の分散比を計算すると $F_0=1.37<F^3_{19}(0.05)=3.13$ で差は認められない。それで同一濃度で所謂〝ジエリー強度〟に相当する Tc の項に差のあるのは、含まれている寒天質の質よりもその量に差のあるためと考えられる。即ち (D) は「オリ」の附着している点からみても、凍結•融解中に水溶性物質が充分除去されないため、同一濃度にした時、寒天質の含量が少なく、従つてその Tc も低いと考えられる。原藻の配合率等に変化のある場合、製造過程の異なる時等では、更にその製品寒天のジエリーの強度変化は大きい。以上の事実から現状では、寒天が商品として常に均一性状のゲルを与えるためには、予めゲルの性状の判つた寒天を適当に混合する事も均一性を保つ一方法であろう。

次にこれに関する計算法を考察する事にする。任意の同一 pH の2種類の寒天 (X), (Y) を混合して (Z) と云う混合寒天をつくり、これを 1～1.6% 程度に溶解してゲルにした場合を考える。その場合、$T/\theta, Tc$ 及び $[C]$ はそれぞれ次の様に表わす。

$$\left.\begin{array}{lll}(T/\theta)_x & (Tc)_x & [C]_x\\ (T/\theta)_y & (Tc)_y & [C]_y\\ (T/\theta)_z & (Tc)_z & [C]_z\end{array}\right\}\quad \text{これ等の各項は実測できる。}$$

(Z) ゲル中の $(X)(Y)$ の濃度をそれぞれ $[C]_{zx}$, $[C]_{zy}$ とすれば、

$$[C]_z=[C]_{zx}+[C]_{zy}$$

となる。$[C]_{zx}$, $[C]_{zy}$ は予め (X), (Y) の寒天中の水分を測定しておけば、(X), (Y) の混合比率と $[C]_z$ から計算推定できる数値である。著者の実験条件では、一般に寒天ゲルは 1～1.6% 程度の濃度では次の関係がある事を先にのべた。

即ち $T/\theta=K_1[C]^2$, $Tc=K_2[C]^2$

こゝで K_1, K_2 は各寒天に個有な常数である。今 (T/θ) の項について (X), (Y), (Z) の各寒天を $K_1=1.51$ である暫定標準寒天の濃度に換算してみると、それぞれ $\left[\frac{(T/\theta_x}{1.51}\right]^{\frac{1}{2}}$, $\left[\frac{(T/\theta)_y}{1.51}\right]^{\frac{1}{2}}$, $\left[\frac{(T/\theta)_z}{1.51}\right]^{\frac{1}{2}}$ となる。従つて $[C]_{zx}$, $[C]_{zy}$ に相当する数値は次の様になる。

$$\left[\frac{(T/\theta)^x}{1.51}\right]^{\frac{1}{2}}\times\frac{[C]_{zx}}{[C]_x},\quad \left[\frac{(T/\theta)_y}{1.51}\right]^{\frac{1}{2}}\times\frac{[C]_{zy}}{[C]_y}$$

今 (X), (Y) を混合•溶解•凝固させた際に、寒天質相互間に化学変化がおこらず、単純に寒天質濃度が加算され、(Z) と云う寒天ゲルがつくられたと考えると次の式を得る。

$$\left(T/\theta\right)^{\frac{1}{2}}_z=\left(T/\theta\right)^{\frac{1}{2}}_x\times\frac{[C]_{zx}}{[C]_x}+\left(T/\theta\right)^{\frac{1}{2}}_y\times\frac{[C]_{zy}}{[C]_y}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

同じ様にして Tc の項についても次式を得る。

$$\left(Tc\right)^{\frac{1}{2}}_z=\left(Tc\right)^{\frac{1}{2}}_x\times\frac{[C]_{zx}}{[C]_x}+\left(Tc\right)^{\frac{1}{2}}_y\times\frac{[C]_{zy}}{[C]_y}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

以上の (5), (6) の式と全く考え方を変え、(X), (Y) 2種の寒天を混合して (Z) と云う混合

寒天を得る時、〔C〕$_x$, 〔C〕$_y$ 及び〔C〕$_z$ がほゞ等しい場合には、$(T/\theta)_z$ 及び $(Tc)_z$ はそれぞれ $(T/\theta)_x$ と $(T/\theta)_y$, $(Tc)_x$ と $(Tc)_y$ の中間に濃度に按分比例して存在する様にも思われる。そこで次の式を考えてみる。

$$\left(T/\theta\right)_z = \left(T/\theta\right)_x \times \frac{〔C〕_{zx}}{〔C〕_x} + \left(T/\theta\right)_y \times \frac{〔C〕_{zy}}{〔C〕_y} \quad \cdots\cdots (7)$$

$$\left(Tc\right)_z = \left(Tc\right)_x \times \frac{〔C〕_{zx}}{〔C〕_x} + \left(Tc\right)_y \times \frac{〔C〕_{zy}}{〔C〕_y} \quad \cdots\cdots (8)$$

工場等で寒天のジェリーの強度を連続して分析する場合等では次の様にする事が出来る。

$$\frac{〔C〕_{zx}}{〔C〕_x} + \frac{〔C〕_{zy}}{〔C〕_y} \fallingdotseq 1 \quad \cdots\cdots (9)$$

今 (T/θ) の項について(9) の関係式を入れて、(7)—(5) を計算すると、

$$(7) - (5) = \frac{〔C〕_{zx} \cdot 〔C〕_{zy}}{〔C〕_x \cdot 〔C〕_y} \times \left\{\left(T/\theta\right)_x^{\frac{1}{2}} - \left(T/\theta\right)_y^{\frac{1}{2}}\right\}^2 \quad \cdots\cdots (10)$$

(10) 式中の各数値は正の実数なので (10)>0 であつて (7) の数値は (5) で計算した数値より大きい。この差が最も大きい場合は、実際に著者が市販寒天について経験した範囲では、$(T/\theta)_x=8$, $(T/\theta)_y=2$ とみなしてよく、〔C〕$_{zx}$=〔C〕$_{zy}$=0.8, 〔C〕$_x$=〔C〕$_y$=1.6 として、これ等の諸数値を入れて数値計算をすると次の様になつた。

$(7)-(5)=0.5$

同様にして (Tc) の項について

$$(8) - (6) = \frac{〔C〕_{zx} \cdot 〔C〕_{zy}}{〔C〕_x \cdot 〔C〕_y} \cdot \left\{\left(Tc\right)_x^{\frac{1}{2}} - \left(Tc\right)_y^{\frac{1}{2}}\right\}^2 \quad \cdots\cdots (11)$$

(11) 式が市販寒天について最大となつた例では $(Tc)_x=90$, $(Tc)_y=30$ とおき、〔C〕$_{zx}$=〔C〕$_{zy}$=0.8 〔C〕$_x$=〔C〕$_y$=1.6 として

$(8) - (6) = 4$

実例 1

	T/θ	Tc	θc	〔C〕	〔C〕$_{zx}$	〔C〕$_{zy}$
(X)	7.00±0.43	72.3±5.3	10.4±1.3	1.63	—	—
(Y)	6.28±0.6	38.7±3.4	6.3±0.9	1.55	—	—
$Z_{1\cdot(0)\cdot(0)}$	6.83±0.53	64.8±8.5	9.4±0.7	1.56	1.16	0.43
$Z_{1\cdot(5)\cdot(6)}$	6.65±0.48	60.5±4.7	—	—	—	—
$Z_{1\cdot(7)\cdot(8)}$	6.75±0.45	62.2±4.7	—	—	—	—
$Z_{2\cdot(0)\cdot(0)}$	6.48±0.62	63.5±5.7	10. ±0.7	1.60	0.83	0.77
$Z_{2\cdot(5)\cdot(6)}$	6.55±0.69	55.1±4.4	—	—	—	—
$Z_{2\cdot(7)\cdot(8)}$	6.78±0.61	56.0±4.4	—	—	—	—
$Z_{3\cdot(0)\cdot(0)}$	6.04±0.56	51.8±2.9	8.5±0.6	1.57	0.47	1.10
$Z_{3\cdot(5)\cdot(8)}$	6.45±0.55	47.1±3.9	—	—	—	—
$Z_{3\cdot(7)\cdot(8)}$	6.47±0.55	48.3±4.0	—	—	—	—

実際の問題として $(T/\theta)_x$ と $(T/\theta)_y$, 又 $(Tc)_x$ と $(Tc)_y$ この様に差のある場合は少ないので (7)—(5), (8)—(6) の数値を之等より小さい。

次に実例を示す。実験例 (1) 及び (2) を通じて X, Y はそれぞれゲルの性状はなるべく差の大きい試料を使用した。

実例(1)及び(2)を通じて $Z_{(0)\cdot(0)}$ の項は実験値である。

$Z_{(5)\cdot(6)}$ はそれぞれ (X), (Y)

の T/θ, Tc 等に関する母平均の上限及び下限値（信頼度 95%）を (5) 及び (6) の式に代入して得た数値である。

$Z_{(7)\cdot(8)}$ も同様の計算値である。実例(1)及び(2)の結果から、計算式 (5)・(6)・(7)・(8) のいづれを用いても、実用上混合寒天のジエリーの強度を近似的に推定するには差支えないものと考えられる。

実例 2

	T/θ	Tc	θc	$[C]$	$[C]_{g_x}$	$[C]_{g_y}$
X	3.58±0.36	56.5±5.8	15.7±0.8	1.55	—	—
Y	6.28±0.65	38.7±3.4	6.3±0.9	1.55	—	—
$Z_{(6)\cdot(6)}$	4.22±0.41	44.0±6.5	10.5±0.4	1.56	0.78	0.78
$Z_{(5)\cdot(6)}$	4.84±0.47	47.0±4.5	—	—	—	—
$Z_{(7)\cdot(8)}$	4.93±0.48	47.6±4.6	—	—	—	—

7) 総　　括

これ迄述べた事を取纏めると次の様になる。

(1) 実用濃度 1～1.6% の範囲内で、寒天ゲルの剛性係数 T/θ 破挫荷重 Tc は濃度〔C〕の2乗に比例すると考えて差支えない事が判つた。この関係から任意の寒天のジエリーの強度を Cc/Cr, $Cr.s.$ 等に分析して比較判定する方法を考究した。即ち Cc/Cr はゲルの性状を、$Cr.s.$ はゲルの純度をも示すものと考えられる。

(2) この方法に依り市販寒天、各種原藻より通常の製法でつくつた寒天等のジエリーの強度を測定した。その結果、市販寒天に就て Cc/Cr は人工寒天の場合、天然寒天のそれより小さい傾向があつた。$Cr.s.$ の項は人工寒天の場合は天然寒天のそれより大きい傾向が伺われた。

又各種寒天原藻から通常行われている方法で寒天をつくつた場合、親草と配合藻では寒天ジエリーの Cc/Cr の差は認める事は出来なかつた。$Cr.s.$ は配合藻からの製品は親草のそれ等より一般に小さい。

(3) 製造工程に於けるジエリーの強度の変化をしらべると、(a) 加熱、漂白等の程度がはげしい程 Cc/Cr は減少する。(b) 著者の実験条件では、後に述べる (d) の場合をのぞき、凍結・融解・常温乾燥等の工程では Cc/Cr の変化は認める事が出来なかつた。(c) 水洗工程を経過すると $Cr.s.$ は大きくなる。又見掛上の収量は減少するが、実質的な収量には変化は認められなかつた。(d) 原藻の煮熟に当つて、過剰の酸を使用し、原藻に対する煮熟水量の少ない場合には Cc/Cr は減少する。この様な場合には凍結・融解・常温乾燥等の工程中に於ても、Cc/Cr は減少する。然し水洗工程を採用する事に依り Cc/Cr の減少を軽減できる場合がある。(e) 寒天ゾルを加熱する際、溶液の pH が著るしく酸性、又はアルカリ性の場合には Cc/Cr, $Cr.s.$ 共に低下する。(f) ジエリーの性状が変化する場合には、剛性係数に比較して、破挫荷重の減少する割合は大きい。

(4) 混合寒天ジエリーの強度を、混合前の寒天のジエリーの強度と配合比率から、近似的に計算推定できる事を示した。

第2章　寒天中に含まれる硫酸について

緒　　言

寒天質の有機化学的構造は、従来数多くの研究者の攻めた成果を基礎に W. G. M. Jones 及び S. Peat[1] は更に研究を進め9箇の galactose が1箇の L-galactose-6-sulphate に鎖状につながつている monomer を主成分とする polymer を呈示した。然しこの構造は E. G. V. Percival 及び T. G. H. Thomson[2], 又 V. C. Barry, T Dilton, W. Mcgettrick[3] 等に容れられず、荒木長次氏[4] もこの構造と見解を異にし、寒天分子中の炭水化物部分については、agarobiose unit (4-β-D-galactosido-3-6-anhydro-L-galactose) の存在を呈示するに止め、その炭水化物部分の詳細な化学的構造は今後の研究に俟つ点の多い事を述べている。

然しながら寒天中に硫黄の存在する事は、C. Neuberg 及び H. Ohle[5]; M. Samec 及び V. Isajevic[6]; F. Fairbrother 及び H. Mastin[7]; 以降本邦に於ても高橋栄治、白浜潔[8] の諸氏に依つて発表され、両氏は寒天質を水と共に加熱する際、加熱時間が長くなるにつれて、遊離の硫酸根が増加して来る事を報告している。

柳川鉄之助氏[9] はテングサ、オニクサよりオゴノリ、キリンサイを経てホンフノリに及ぶ一連の紅藻類の粘質物を、それぞれ単独抽出し、凝固力の強い寒天は一般に少量の硫酸を含有し、凝固力の微弱な布糊質はその硫酸含量が著るしく多い事から、その結合硫酸の量と凝固力の間に離れられない関連のある事を推定し、更に寒天質中の全硫酸が、灰分中の硫酸に対する比の大きいものはジエリー強度が小さく、比の小さいものは逆にジエリー強度の大きい事を概括的に示した。

最近寒天ジエリーの性状を記載する際、これ等の事実を更に拡張敷衍して全 SO_3/灰分中 SO_3 の比を記載する例が散見される。

著者は寒天中の硫酸について検討を行い、以上の事実について若干の知見を得たので、その結果を報告する。

1)　全硫酸の定量

a) 試料。試料として使用した寒天は次の様にしてつくつた。即ちイタニ草 940g、オゴノリ 940g、ナンブグサ 190g を原藻とした。それぞれ藻塩水洗後、1.5% Ca(OH)$_2$ 溶液中にイタニ草は約 20 時間、オゴノリ及びナンブグサは1時間浸漬した。煮熟工程は前記の様にアルカリ処理を行つたイタニ草を 21L の煮熟水中に加え5時間煮熟した。次にオゴノリ、ナンブグサを追加し、4L の差水をして更に 15 時間煮熟した。火止後2時間放置、濾過を行つた。

凝固心太は 6mm^2 に細断し、人工凍結、自然融解を2回反覆した。後水洗・遠心脱水してから風乾した。乾燥後之を粉末化した。風乾粉末中の水分及び粗灰分は、それぞれ 23.7%、2.40% であつた。

又そのジエリーの性状は次の様であつた。

T/θ	Tc	θc	〔C〕	Cc/Cr	$Cr.s.$
6.28±0.6	38.7±3.4	6.3±0.9	1.55	0.87	1.33

b)　定量操作。この寒天風乾物約 2g を秤取し、その水分を 105°C で乾燥後の恒量値から計算した。次に 3%HCl 100cc を加えて 3 時間加熱した。分解と共に生じた褐色沈澱は、濾過して

除去した。濾液は methyl orange を指示藥として NH_4OH で中和後、濃塩酸を濾液 200cc につき 0.5cc 加えて酸性とした。この時溶液の pH は約2附近になつた。湯煎中で約15分間加熱し、沈澱を生じた場合は再濾過を行い、熱濾液に、$BaCl_2 \cdot 2H_2O$ 10% 溶液 10cc を 50cc に稀釈して加温後加え、$BaSO_4$ を沈澱させた。更に30分間温浸後、1晩室温に放置した。沈澱は東洋濾紙 No. 5C で濾過し、洗滌して過剰の $BaCl_2$ を除いた。乾燥灰化後、硫酸1滴を加え灼熱恒量を得た。

c) 加熱条件。上記の定量操作に於て、3%HCl を加えた後の加熱条件は、その遊離して来る硫酸根の定量結果にかなりの相違を与えた。

即ち加熱条件として、

(i) 湯煎上でビーカーを加熱した場合（液温約 85°C)。

(ii) 試料を入れたビーカーを湯煎中で液面まで浸し、湯煎が時々沸騰する程度に加熱した場合（液温約 93°C)。

(iii) 試料を空気冷却管を磨合させた三角フラスコに入れ、はげしく沸騰している湯煎中にフラスコの肩まで浸して加熱した場合（液温 98～99°C)。

(iv) 試料を空気冷却管を磨合させた三角フラスコに入れ、アスベスト付金網上で、ガスの直火で静かに沸騰させながら加熱した場合。

以上の4方法を比較実験した。その結果は第2・1表に示した。(i), (ii) は乾燥無水塞天に対する SO_3 の平均値は低く、その分散は大きかつた。

第2・1表

実　験 (i)				
塞天無水物 (g)	1.5212	1.5245	1.4863	
$BaSO_4$	0.0448	0.0484	0.0524	
SO_3/塞天無水物(%)	1.01	1.09	1.21	平均値 1.10
実　験 (ii)				
塞天無水物 (g)	1.5316	1.5307	1.5259	
$BaSO_4$	0.0633	0.0679	0.0646	
SO_3/塞天無水物(%)	1.42	1.52	1.45	平均値 1.46
実　験 (iii)				
塞天無水物 (g)	1.5270	—	—	
$BaSO_4$	0.0693	—	—	
SO_3/塞天無水物(%)	1.56	—	—	
実　験 (iv)				
塞天無水物 (g)	1.5270	1.526	—	
$BaSO_4$	0.0700	0.070	—	
SO_3/塞天無水物(%)	1.57	1.57	—	平均値 1.57

即ち(i)より(iv)に至るに従つて、加水分解は進んでいた。又 HCl に依る加水分解の際、生ずる褐色沈澱物の分析は微量なので行わなかつた。然し(i), (ii)の様に加水分解が不充分と考えられる際には、一度加熱後濾過を行つても、$BaCl_2$ 溶液を加えて加熱し、$BaSO_4$ の沈澱を行う操作中に再び生じて来る。この褐色沈澱物が多い時は、濾紙を灰化する際、灼熱残渣を与えるので、$BaSO_4$ の定量値に誤差が起る事は、次の実験から確められた。

即ち塞天風乾物 2g を秤取し HCl を加え、(ii) の条件で 150 分間加熱した。次に溶液を No. 5C の定量用濾紙を用いて濾過した。褐色沈澱は温水で洗滌・乾燥・灰化して 3.2mg の灰分を得た。濾液は洗滌液と合せ、更に 60 分

間加熱した。生じた沈澱は前の場合と同様に処理して灰分1.3mgを得た。その濾液は更に60分間加熱したが痕跡の沈澱を生ずるのみであつた。

(iii) 又は (iv) の加熱条件で HCl の存在で加水分解し、再度に亘る濾過の後、$BaCl_2$ を加えて $BaSO_4$ の沈澱を完成させる過程に於て、生ずる褐色沈澱物は痕跡であつた。その灼熱残渣も無視し得る程度と考えられた。以上の実験結果及び後述の第2•5表の、Na_2CO_3 を寒天風乾物に10%程度加えて灰化し、灰分中の硫酸分を定量した結果より、(iv) の方法で得られる実験結果を一応全硫酸量とみなした。

2) 灰分中の硫酸

a) 定量操作。 約2gの寒天を秤取し坩堝中で灰化した。その粗灰分を測定後2N HCl 10ccを加えた。湯煎上で30分間加温・浸漬し No. 5C 濾紙で濾過後、温水で洗滌し、洗滌液は濾液と合せ、前記全硫酸の測定の場合と同様に操作して、$BaSO_4$ の恒量を得た。

寒天無水物に対する SO_3 の形で表示すると1.28%となつた。

b) 粗灰分中の硫酸定量に及ぼす諸要因の検討

i) 無機成分の影響

寒天中に含まれる硫酸は W. G. M. Jones 及び S. Peat[1] の構造式を暫定的に採用すると、R を galactose の重合体、M を一価の金属を表現するものとすれば、その unit は次の

$ROSO_2OM$, $ROSO_2OH$

の形で示す事が出来よう。

柳川氏[10]はテングサ、ヒラクサ、オニクサ、トリアシ、エゴノリ、オゴノリ等の精製物を抽出し、その灰分中の無機成分として CaO, MgO, Na_2O, $Fe_2O_3+Al_2O_3$, SO_3 及び SiO_2 等を示している。従つて寒天の灰化過程に於て、之等の硫酸塩の生成変化も考えねばならない。

荒木氏[11]は数種の紅藻中に含まれる寒天分の分析結果から最も多い成分の一つである D-galactose に26～32%の数値を与えている。

著者は先づ K_2SO_4, Na_2SO_4, $CaSO_4$, $BaSO_4$, $MgSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$, $Al_2(SO_4)_3$, $Fe_2(SO_4)_3$•$(NH_4)_2SO_4$•$24H_2O$ 等の硫酸塩に D-galactose を加え、加熱灰化する際の重量変化を観察した。各硫酸塩はそれぞれ保証付試薬を次の様に処理して使用した。

Na_2SO_4, K_2SO_4 は加藤氏[12]の実験結果に基き、750°C に加熱、恒量を得たものを使用した。

$CaSO_4$, $MgSO_4$ 及び $BaSO_4$ は中山氏[13]の実験結果から750°C で加熱、恒量を得たものを使用した。$Fe_2(SO_4)_3$ は斎藤氏[14]の実験結果から250°C に、$Al_2(SO_4)_3$ は菊地氏[15]の実験結果より400°C にそれぞれ加熱、恒量を得て使用した。

鉄明礬は Kahlbaum zur Analyse のものをそのまゝ秤量した。

D-galactose は武田•ウロコ印で、その融点は165～166°C であつた。D-galactose と金属塩との混合物の加熱温度は約800°C で、実験結果を表示すると第2•2表の様になつた。

第2·2表

a) 硫酸塩の種類とその重量 (g)	Na_2SO_4	K_2SO_4	$CaSO_4$	$BaSO_4$	$MgSO_4$	$Al_2(SO_4)_3$	$Fe_2(SO_4)_3$	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 24H_2O$
	0.1236	0.1255	0.1380	0.0700	0.1184	0.1140	0.1630	0.2192
b) 灼熱灰化後の恒重量	0.1240	0.1256	0.1382	0.0697	0.0938	0.0376	0.0655	0.0361

以上の実験で加えたD-galactoseの量は0.5gであつた。Na_2SO_4, K_2SO_4, $CaSO_4$, $BaSO_4$ 等は、灼熱前後では有意な差は認められなかつた。$MgSO_4$ はやゝ減量した。$Al_2(SO_4)_3$, $Fe_2(SO_4)_3$ 及び鉄明礬は、それぞれ酸化物の理論値が M_2O_3 として、0.034, 0.0625, 及び0.0363であるので、これ等の硫酸塩は加熱に依り、分解して酸化物となるものと考えられる。

ii) 糖成分の比の影響

次に寒天中に於て糖成分の硫酸基に対する比率が大きくなつた時、硫酸根の定量値に変化が認められるか否かをしらべた。

即ち寒天無水物にD-galactoseを粉末のまゝ添加した。白金線で充分混和し、加熱灰化後、2N HCl 10cc を加え常法に依りその $BaSO_4$ 量を測定した。実験結果は第2·3表に示した。

この実験結果は寒天無水物に対する SO_3 の量は1.28%である事を示し、先に灰分中の硫酸量が SO_3 として1.28%を与えた場合と差は認められない。即ち糖成分がこの様な状態で寒天中に30%程度増加しても、灰化の際硫酸の余分な損失は認められなかつた

第2·3表

寒天無水物 (g)	1.521
D-galactose	0.496
$BaSO_4$	0.0566

iii) 酸の影響

次に寒天に対して、塩酸、蓚酸或は硼酸を加えて加熱灰化した際、$BaSO_4$ の定量値に与える影響をしらべた。使用した酸類はいづれも保証付試薬であつた。塩酸の場合は適当に稀釈し、蓚酸及び硼酸の場合はいづれも微粉末のまゝ加え、白金線で充分混和した。

第2·4表

HClの影響				
寒天無水物 (g)	1.522	1.522	1.522	1.522
2N HClcc	0.05	0.20	0.50	1.50
$BaSO_4$	0.0545	0.0558	0.0443	0.0457
SO_3/寒天無水物(%)	1.23	1.26	1.00	1.03
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ の影響				
寒天無水物 (g)	1.522	1.522	1.522	
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ (g)	0.1	0.3	0.5	
$BaSO_4$	0.0521	0.0499	0.0485	
SO_3/寒天無水物(%)	1.17	1.12	1.09	
H_3BO_3 の影響				
寒天無水物 (g)	1.524	1.522		
H_3BO_3	0.3	0.5		
$BaSO_4$	0.0085	0.007		
SO_3/寒天無水物(%)	0.19	0.16		

乾燥加熱灰化し、常法に依り $BaSO_4$ を定量した。結果は第2·4表の様になつた。

以上の結果から、一般に酸の濃度が増すと共に灰化後、粗灰分中に残留する硫酸量は減少し、揮発性の塩酸、昇華性の蓚酸より、融剤として永く酸性を示しながら作用する硼酸の方が、その影響の大きい事が伺われる。

iv) アルカリの影響

次に寒天に対する $NaHCO_3$, Na_2CO_3, 及びNaOHの影響をしらべた。$NaHCO_3$ 及び Na_2CO_3 をそれぞれ0.1g添加した場合は粉末のまゝ、又 NaOH 0.12g 添

加の場合は、更に 0.5cc の水を加え、いづれも白金線で混和した。尙 Na_2CO_3 0.05g, 0.2g を添加した例では、前者は更に 15cc の水を加え、加熱溶解し後之を蒸発乾固させた。後者の例では 5cc の水を加え 30 分間湯煎上で溫め、Na_2CO_3 を寒天粒子中に滲透させ乾燥した。後いづれも微赤熱灰化した。又これ等の実験例で、灰分の HCl 抽出に当つては、いづれも添加したアルカリ相当量の酸を余分に加えてから、常法に依り $BaSO_4$ の沈澱をつくつた。実験結果は第2•5表の様になつた。

第2•5表

寒天無水物 (g)	1.537	1.532	1.532	1.537	1.529
添加したアルカリの種類と量	$NaHCO_3$ 0.1	Na_2CO_3 0.1	NaOH 0.12	Na_2CO_3 0.05	Na_2CO_3 0.2
$BaSO_4$	0.0631	0.0661	0.0668	0.0690	0.0705
SO_3/寒天無水物(%)	1.41	1.48	1.50	1.54	1.58

即ちアルカリの強さと共に、又寒天粒子に対するアルカリの混和が完全になるのにつれ、粗灰分中の硫酸量の残留分は大きい。Na_2CO_3 0.2g 添加の場合には、寒天無水物に対する SO_3 の比は 1.58% となつて、塩酸に依る加水分解法の実験結果第2•1表 (iv) と実験誤差の範囲で一致している。

これまで述べた事は、次の様に概括出来る。

(1) 寒天中の全硫酸定量法は、寒天風乾物約2g を秤取し、3% HCl 100cc を加え、液溫を 100° C に保つて3時間加水分解し、その濾液について測定するか、又は寒天にその 10% の Na_2CO_3 を少量の水と共に加え、充分溫浸・乾燥後微赤熱で灰化し、その粗灰分からの塩酸抽出液について測定するのが好ましい。

(2) 寒天中の硫酸の一部は灰化の際、酸の存在に依つて失われる。又アルカリの存在量が增加すると共に、その損失量は減少する。

即ち寒天の pH 又塩基度に依つても異なるものと考えられる。尙寒天中に存在する無機成分の組成に依つても影響され、Fe, Al 等に結合する硫酸は顯著に、Mg に結合する硫酸は一部分失われる事が考えられる。尙 NH_4^+, H^+ 等に結合する硫酸が存在する場合は、之等も亦失われる場合を予想する事が出来る。

(3) 從つて灰分中に含まれる硫酸と全硫酸の比も亦、寒天の pH、塩基度等に依る他に、寒天中の無機成分の組成に依つても、変化すると考えられる。

我国に於ける寒天製造は、オゴノリを単独にアルカリ処理して寒天をつくる場合、又稀にテングサだけを煮熟して寒天をつくる場合を除き、大部分の場合、各種の原藻を配合煮熟して寒天をつくつている。

柳川氏[10]はテングサ、ヒラクサ、オニクサ、トリアシ、エゴノリ及びオゴノリ等の原藻より抽出した粘質物について、その灰分の分析を行い、原藻の種類に依つて、その無機成分にかなり差のある事を報告している。第3章第3•2表に分析表を転載した。この様な事実に依り製品である寒天の無機成分の組成についても、差のある事が予想される。

3) 寒天中の SO_3 とゲルの性状について

寒天中に含まれる硫酸根を定量する意義を、その製造工程及び得られた製品のゲルの性状と関

連して更に考察してみる。灰分中 SO_3/全SO_3 の数値も同時に考えよう。

寒天ゲルの性状がその pH に依り大きく左右される事は、第1章に於てのべた通りである。無機成分の組成の差が少ないと考えられる寒天相互間では、本章の第2•4表及び第2•5表の結果より膠質の pH が7より大きい場合は灰分中 SO_3/全SO_3 の数値は1に近づき、酸性が強くなると灰分中 SO_3/全SO_3 の数値は比較的に小さくなる様に考えられる。

先に述べた様にゲルの Cc/Cr は pH に依つて大きく左右される。然し Cc/Cr は pH の他に煮熟・漂白等の処理操作に依つても違つた結果を与える事は前に述べた。そこで之等の諸条件が等しいと考えられる例として、水洗工程に於ける SO_3 の変化を考える。

a) 水洗工程に於ける SO_3 の変化

著者は前章「水洗工程がジエリーの強度に及ぼす影響(Ⅱ)」の項に於て、煮熟工程中酸が過剰に存在する場合ゲルの水洗工程がむしろのぞましい事を述べた。この場合の引用実験例について、寒天を製造する際、同一心太を二分して、水洗工程を経てつくられた寒天 (a) と、水洗工程を経過しない点だけは (a) と異なり、その他は全工程を通して相違が少ないと考えられる寒天 (b) をつくつた。(a), (b) についてそれぞれ見掛上の無水寒天収量、製品からつくられたゲルの性状、*Cr. s.* *Cc/Cr*, 全SO_3、灰分中 SO_3、両者の比等を分析計算して表示すると第2•6表の様になつた。表中全SO_3、灰分中 SO_3 等は、それぞれ寒天無水物に対する % で示した。

第2•6表

	見掛上の無水寒天収量 (g)	*Cr. s.*	*Cc/Cr*	全SO_3	灰分中 SO_3	灰分中SO_3/全SO_3
a)	34.4	1.08	1.31	1.5	1.1	0.73
b)	37.9	1.00	1.01	2.1	1.2	0.57

(a) 工程と (b) 工程の差に依つて生ずる SO_3 の流失は、

$$\frac{37.9\times2.1-34.4\times1.5}{100}=0.28\ (g)$$

残存する全SO_3 の量は、(a) 工程では 0.52g と計算され、水洗工程に依る SO_3 の減少は、水洗工程を経過しない場合の 35% に達し、かなり大きい。

そこで水洗工程に依つて失われたと考えられる物質量に対し、そのうちに含まれていた全 SO_3 の比、又 (b) 工程に依つて残存する寒天分に対して、そのうちに含まれる全 SO_3 の比を求めると、それぞれ次の様な数値になつた。即ち前者は後者より SO_3 含有率が大きい。

$$\frac{0.28}{3.5}:\frac{0.52}{34.4}=0.08:0.015$$

以上の事から水洗工程は SO_3 の減少に大きく影響する事、水溶性物質の硫酸根含有率の高い事がわかる。

次に (a) 及び (b) について灰分中 SO_3/全SO_3 の比と Cc/Cr の数値を比較すると、(a)•(b) は共に同一の心太ゲルから出発しているので、Cc/Cr の大小は灰分中 SO_3/全SO_3 の大小に依つても表現され得るものと考えられる。尚この場合灰分中 SO_3/全SO_3 の数値の大小は、全SO_3 の変化による影響が大きいと考えられる。先に述べた様に、水洗前の寒天心太中の全 SO_3 には水溶性の SO_3 が多いので、水洗工程をその見掛上の收率及び製品の形状等の諸点から極力忌む天

然寒天では、その全硫酸量には水溶性 SO_3 の関与が大きい場合も考えられる。

b)　凍結・融解工程に於ける SO_3 の変化

この工程に於ける SO_3 の変化をみるために、荒木氏[16]が混合晒テングサ風乾物 86.4kg を、河水総量 1939kg 及び濃硫酸 660g の存在のもとで加熱し、これから抽出した心太・融解心太及び製品寒天について行つた分析結果を資料とした。

製品である細寒天風乾物 1kg に相当する風乾混合原藻・心太・融解心太の量は之等の資料から計算誘導し、それぞれ全乾燥重量、全SO_3，灰分、灰分中 SO_3、ガラクタン量等をも算出表示すると、第2•7表の様になつた。

第2•7表

	原重量 kg	全乾燥物重量 kg	全SO_3 g	灰分 g	灰分中 SO_3 g	ガラクタン量 g	
						3%H_2SO_4法	粘液酸法
混合原藻	2.42	2.06	51.4	245.0	32.3	1006	—
心　太	54.40	1.11	45.8	85.3	34.1	423	286
融解心太	4.88	0.78_4	15.1	27.4	11.3	362	274
寒　天	1.00	0.78_4	(8)	25.3	10.4	356	274

第2•7表中混合晒原藻の重量は、風乾原藻量を、細寒天と舟底寒天の收量の和で割つた数値を採用した。心太重量は煮熟水量•硫酸稀釈水•煮熟後の差水の和が、煮熟前後で一応変化がなかつたものと考え、この数値を細寒天 33.8kg と舟底寒天 1.86kg の和で割つて得た数値である。融解心太量は融解心太中の乾燥物重量が、寒天になる際の変化は少なかつたと考えられるので、1kg の風乾寒天中の乾燥物重量と同一乾燥物重量を与える融解心太量を採用した。

この第2•7表より、心太から寒天に至る過程に於て、各成分の変化する傾向が伺われる。

灰分中 SO_3/全SO_3 の数値は心太については 0.745，融解心太については 0.748 で、差は認め難い。この事は心太及び融解心太中の粗灰分に含まれる無機成分の組成に大差のない点からも首肯できる。

然し凍結融解工程に於て、除去された全SO_3 が同じ様に流去した全乾燥物量に対する比率は、$(45.8-15.1)/(1.110-784)=0.094$、融解心太中に残存する全$SO_3$ がこれに対応する全乾燥物量に対する比率は、0.019 であつて水洗工程の場合と同様に、水溶性物質中の全SO_3 の比率の方が大きい事が了解される。

c)　寒天ゲルの Cc/Cr に対する灰分中 SO_3/全SO_3 の関連について

灰分中 SO_3/全SO_3 の比で一般に寒天ゲルの Cc/Cr の大小を推定する事は、Cc/Cr が原藻を煮熟する際の酸・アルカリの添加、煮熟時間の相違、漂白工程に依つても左右され、寒天になつた後も水の存在で加熱する条件に依り違う結果を与えるし、他方灰分中 SO_3/全SO_3 は寒天の pH、灰分中に含まれる無機成分の組成上の相違ばかりでなく、凍結融解工程に於ける残留水溶性物質の多少等に依つても異なるので、高い相関は認められないのではないかと予想される。そこで最初単独原藻より抽出した寒天について検討した。

i)　単独原藻より抽出した寒天について

試料としてテングサ寒天2種、オニクサ、トリアシ、ヒラクサ、ドラクサ、イタニ草、オゴノリ等の単独抽出寒天各1種を撰んだ。

これ等のうちオゴノリ以外の寒天は、それぞれ原藻を単独煮熟したものを、戸外に於て凍結・融解・風乾した製品であつて、水洗工程は経過していない。尚イタニ草寒天の場合は、常法に従い原藻煮熟中 $Ca(OH)_2$ 処理を行つた。オゴノリ寒天は原藻をアルカリ処理後水洗・漂白・煮熟し、ゲルは圧搾脱水後、加熱乾燥したものである。実験結果は表示すると、第2・8表の様になつた。

この表について Cc/Cr と灰分中 SO_3/全SO_3 の相関係数 r を求めると、$r=0.12$ $F_0=0.09$ $F_6^1(0.05)=5.99$ となつて有意な相関は認める事が出来なかつた。

ii) 一般市販寒天について

試料として使用した寒天は15種であつた。第2・9表中試料番号 (1), (2) 及び (3) は灰分中 SO_3/全SO_3 の数値が大きい例であるが、(1) 及び (2) はイタニ草、(3) はイタニ草及びオゴノリを主要原藻とし、アルカリ処理をしてから抽出した寒天である。(4) 及び (5) はそれぞれオゴノリをアルカリ処理してから単独煮熟を行つたもので、(4) は圧搾脱水法、(5) は電気滲透に依る脱水を行つた製品である。

第2・8表

寒天の種類	Cc/Cr	$Cr.s.$	全SO_3	灰分中 SO_3	灰分中SO_3/全SO_3
テングサ寒天	1.49	0 91	1.87	1.10	0.59
〃 〃	1.50	0.87	1.98	1.50	0.76
オニクサ 〃	1.44	0.83	1.80	1.30	0.72
トリアシ 〃	0.94	0.79	1.50	0.57	0.38
ヒラクサ 〃	1.23	0.69	1.64	1.00	0.61
ドラクサ 〃	1.45	1.06	3.60	1.15	0.32
イタニ草 〃	1.09	1.09	1.10	1.09	0.99
オゴノリ 〃	1.15	1.32	1.45	0.47	0.32

(6), (7) はそれぞれテングサの単独煮熟に依る製品、(8), (9) は関西寒天、(10) は岐阜寒天、(11) は産地は岐阜と異なるが、原藻の配合及びその後の処理操作から岐阜系の寒天と云える。(12), (13) は信州寒天、(14) は原藻の配合、製造法等から見て信州系寒天、(15) は (14) の製造工程中に心太の水洗工程を採用している。

第2・9表

寒天試料番号	Cc/Cr	$Cr.s.$	全SO_3	灰分中 SO_3	灰分中SO_3/全SO_3
1	1.06	1.12	1.10	1.09	0.99
2	1.00	1.01	1.53	1.53	1.00
3	0.87	1.31	1.57	1.27	0.81
4	1.15	1.32	1.45	0.47	0.32
5	1.07	1.40	0.69	0.43	0.62
6	1.49	0.91	1.87	1.10	0.59
7	1.50	0.87	1.98	1.50	0.76
8	1.31	0.83	1.91	1.17	0.61
9	1.46	0.80	2.19	1.61	0.74
10	1.19	1.22	2.42	1.53	0.63
11	1.42	0.99	2.36	1.18	0.50
12	1.31	0.67	2.73	1.88	0.69
13	1.35	0.64	3.05	1.31	0.43
14	1.01	1.00	2.10	1.20	0.57
15	1.31	1.08	1.50	1.10	0.73
Sample Nos			total SO_3	SO_3 in ash	SO_3 in ash/ total SO_3

これ等の寒天について分析した SO_3、全灰分中 SO_3、この両者の比率、寒天ゲルについて実測値から計算した Cc/Cr, $Cr.s.$ 等を第2・9表に示す。

この結果から、灰分中 SO_3/全SO_3 と Cc/Cr との相関係数を求めると、$r=-0.30$, $F_0=1.22$ $F_{13}^1(0.05)=4.67$ となつて有意ではなかつた。

尚 (6) より (14) までのテングサを主要原藻とする天然製法に依る寒天だけを屑化して、再び灰分中 SO_3/全SO_3 と Cc/Cr との相関

係数 r を計算したが、$r=0.25$ $F_0=0.46$ $F_7^1(0.05)=5.59$ となりやはり有意な結果は得られなかつた。

d)　寒天中の 全 SO_3 とその寒天ゲルの *Cr.s.*

第2•8表記載の各種原藻を単独煮熟して抽出製造した寒天について、実測した 全 SO_3 と実験数値から求めた *Cr.s.* との相関係数を求めると、$r=0.04$ $F_0=0.01$ $F_6^1(005)=5.99$ で有意な相関は認められなかつた。

然し第2•9表の一般市販寒天の例では、$r=-0.75$ $F_0=16.7$, $F_{13}^1(0.05)=4.67$ となつて、高い逆相関が認められた。即ち一般の市販寒天について、同一濃度で剛性係数の大きいものは、そのうちに含まれる 全 SO_3 は小さい傾向があると考えても大過はないであろう。

一般の市販寒天について、*Cr.s.* と 全 SO_3 が高い逆相関を示す理由の一部は次の様に考えられる。

Cr. の項は一般に著者が先に述べた様に、*Cc*/*Cr* の項と異なつて煮熟・漂白等の工程では比較的に安定である。*Cr.s.* 全 SO_3 等に大きい影響を及ぼす要素は、原藻の配合が決定されると、主に水洗・凍結融解・圧搾脱水等の諸工程に於ける、SO_3 に富む水溶性物質の除去率である。水溶性物質が除去され、寒天の純度が上昇すると共に、全 SO_3 は減少し単位濃度当りの寒天質の含有量即ち *Cr.s.* は増加する。

第2•9表の (3), (4) 及び (5) の試料はいづれも心太の水洗工程を経たものであり、*Cr.s.* の数値は大きい。

又原藻中に含まれる SO_3 の量は第3章第 3•5 表にも見られる様に、種類に依つて異なつている。又原藻より抽出された粘質物についても、柳川氏[10]に依れば、オゴノリ、エゴノリ等の所謂配合藻粘質物中の SO_3 の量は、テングサ等の親草の場合より多い。

煮熟に当つて使用する原藻の配合率を、天然寒天についてしらべてみると、関西地方ではテングサ等の親草は概ね 80～90% で、エゴノリ等の配合藻は 10～20% 程度を混藻する。又信州地方の原藻配合率は親草 60～80%，オゴノリ等の配合藻は 20～40% 程度を使用するのを普通とする。

同一重量の風乾原藻から得られる見掛上の寒天収率は、その原藻の乾燥度、産地、採集時期又製造方法等に依つても差異はあるが、著者の経験及び多くの業者の語るところを綜合すると、大凡次の様な数値を考えても大過がない様に思われる。これ等の数値を第2•10表に表示する。

	親草 %	配合藻 %
関西	30×0.9	20×0.1=93 : 7
信州	30×0.8	20×0.2=86 : 14
	30×0.6	20×0.4=69 : 31

第2•10表

原藻の種類	見掛上の寒天収率 (%)
テングサ	33
ドラクサ	21
ヒラクサ	20
オニクサ	27
トリアシ	23
エゴノリ	35
オゴノリ	20
イギス	20
キリンサイ	32

親草及び配合藻の見掛上の寒天収率を、それぞれ 30%，20% と概算すると、製品寒天中に於ける親草寒天質と配合藻寒天質の量比は次の様になる。即ち関西地方では、親草寒天質は 86～93% を占める。

同様に信州地方の寒天では親草に起因する寒天質が、製品寒天中 69～86% を占める事になる。親草としての主要原藻はテングサであるので、一般に云つて製品寒天中ではテングサ寒天質の影響が最も強くあらわれる。

又心太ゲルの凍結・融解に当つて、イタニ草寒天、関西寒天等では水溶性物質の流失は或程度自然に放置される。信州地方の製品は、この工程に於て、水溶性物質の流失は少ない様に特に考慮が払われている様に考えられる。

この様な点も、第2•9表に於てイタニ草寒天、関西寒天が比較的ではあるがが *Cr.s.* 大きく、全 SO_3 は少なく、又逆に信州寒天に於て、*Cr.s.* が小さく全 SO_3 が多い原因の一部をなすものと思われる。

4) 総　　括

以上の事実をまとめると次の様になる。

(1) 灰分中 SO_3 は酸・アルカリの存在、又灰分中の無機成分の組成の差に依つても異なる結果を与える。

(2) 全 SO_3 も亦寒天製造中に於ける水溶性物質の除去の程度に依つても左右される。

(3) 又前章に於て述べた様に *Cc/Cr* も製造工程に依つて著るしく変化する。

以上の結果から特定の条件の場合を除き、一般市販寒天について灰分中 SO_3/全 SO_3 の比率で、その寒天ゲルの *Cc/Cr* を推定する事は出来ない。

(4) 一般の市販寒天について、その 全 SO_3 とその寒天の *Cr.s.* とはかなり高度の逆相関が認められる。従つて 全 SO_3 が少ない場合には、その寒天ゲルの *Cr.s.* は大きいと考えても大過はない様に思われる。又 全 SO_3 が多い場合には *Cr.s.* は一般に小さい。然しオバクサ寒天の様に、全 SO_3 がかなり多くても、その寒天ゲルの *Cr.s.* が小さくないものもあるので、同時に他の方面からの検討も併せ行う方がよいと考えられる。

第３章　寒天の塩基度について

1) 寒天の塩基度

寒天ゲルの性状を知るためには、そのうちに含まれる有機成分の性状を明らかにする事が、最ものぞましい。その無機成分についても、各成分の量比ばかりでなく、陽性成分と陰性成分の比、即ち塩基度に依つてもその性状の一斑を伺う事が出来よう。

寒天中の無機成分は、寒天質に結合するもの、寒天質以外の有機物に結合するもの、純粋に無機物として存在するもの等が考えられる。

こゝではこれ等を総括して、下記の測定法で得られた結果を取扱う事にした。

a) 塩基度の測定法

寒天風乾物約 2g を秤取し、105°C に於ける乾燥恒量からその水分を計算した。次に之を白金皿に移し、0.1N Na_2CO_3 溶液 10cc を加え、白金線でよく攪拌混和し、更に 5cc の水を添加後

溫浸してから蒸発乾固した。初め低溫度で炭化し、後徐々に溫度を高め灰化し、灰化不充分な場合は加熱を中止して冷却後少量の水及び数滴の 30%H_2O_2 を加え、乾燥後再加熱して完全に灰化を行つた。次にこの灰分を時計皿で覆つたコニカルビーカーに移し、0.1N HCl 20cc を加え約 15 分間靜かに加熱煮沸した。

溶液は冷却後フエノールフタレインを指示藥とし、0.1N NaOH 溶液で滴定した。中和後、5cc の予め中和した 10% $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ 溶液を加え、再び 15 分間加熱し、冷却後再び 0.1N NaOH 溶液で滴定中和した。測定に当つて使用した酸量より、加えたアルカリの総和を差引し、100g の寒天無水物に対する塩基度を millival 単位で示す事にした。

b)　試料及び測定結果

著者が測定に当つて使用した寒天試料は、第2章第2•9表の (1), (2), (3), (4), (5), (8), (9), (10), (11), (12), (13) の11種であつた。

その塩基度は、分析計算すると第3•1表の様になつた。

第3•1表

試料番号	塩基度 (millival)
1	18.9
2	15.2
3	7.7
4	−9.3
5	−0.4
8	20.3
9	4.1
10	−2.5
11	13.3
12	−6.0
13	−14.3

この様に製品寒天の塩基度が相違するのは、(1) 各原藻から抽出した粘質物の塩基度。(2) 原藻そのものゝ塩基度。(3) 煮熟に先立つて行われる原藻の配合率。(4) 煮熟工程中に酸又はアルカリを使用する事。以上の事柄にもその原因の一部があると考えられるので、以後之等について考察する。

2)　各種原藻より抽出した粘質物の塩基度

柳川氏[1]は各種の寒天原藻を約5時間煮沸水浴中で加熱し抽出した粘質物につき、アルコール沈澱法を3回反覆し、得られた粘質物粉末を 800°C に於て灰化し、その分析結果を第 3•2 表記載の様に発表した。又粘質物の全 SO_3 と灰分中 SO_3 の比を、表中末記の様に記載した。

第3•2表

粘質物の種類	灰分 %	灰分中 CaO	MgO	Na_2O	$Fe_2O_3+Al_2O_3$	SO_3	SiO_2	粘質物中 SO_3 / 灰分中 SO_3
テングサ	5.17	20.05	30.84	7.63	8.61	29.53	0.91	1.27
ヒラクサ	5.31	15.49	29.78	4.61	20.86	25.03	5.18	2.15
オニクサ	5.24	32.75	8.75	1.76	8.29	36.15	8.37	1.39
トリアシ	5.23	17.59	9.88	2.88	11.80	19.82	32.35	1.45
エゴノリ	4.51	18.48	23.13	8.31	6.99	38.83	0.99	3.14
オゴノリ	14.66	4.60	5.42	29.91	9.60	34.73	8.62	1.85

この表の数値から、灰分 100g に相当する粘質物中の無機成分を推定すると、第 3•3 表の様に計算される。計算に当つて CaO, MgO, Na_2O, $Fe_2O_3+Al_2O_3$, SiO_2 は灰化の際変化しないと考えた。SO_3 は第3•2表中 SO_3 の数値に、〔粘質物中 SO_3/灰分中 SO_3〕の数値を乘じたものを基礎として用いた。これ等の数値を、$Fe_2O_3+Al_2O_3$ は平均分子量を 130.8、又 SiO_2 はメタ硅酸の形と考え、それぞれ当量をもつて割り、Val 単位で示した。

CaO, MgO, Na_2O, $Fe_2O_3+Al_2O_3$ の諸数値の和を(+), SO_3, SiO_2 の諸数値の和を(−)として、その総和を求めると表中最後の項の様になつた。

第3·3表

粘質物の種類	CaO	MgO	Na_2O	$Fe_2O_3+Al_2O_3$	SO_3	SiO_2	塩基度 (val)	
テングサ	0.71	1.53	0.25	0.20	0.94	0.03	+2.69 −0.97	+1.72
ヒラクサ	0.55	1.48	0.15	0.48	1.34	0.17	+2.66 −1.51	+1.15
オニクサ	1.17	0.43	0.06	0.19	1.25	0.28	+1.85 −1.53	+0.32
トリアシ	0.63	0.49	0.09	0.27	0.72	1.08	+1.48 −1 80	−0.32
エゴノリ	0.66	1.14	0.27	0.19	2.95	0.03	+2.28 −2.98	−0.70
オゴノリ	0.16	0.27	0.97	0.22	1.62	0.28	+1.62 −1.90	−0.28

これ等の資料から見ると、テングサ、ヒラクサ、オニクサ等は、粘質物の無機成分の比率から考えると塩基性であり、トリアシ、エゴノリ、オゴノリは酸性を示す様に考えられる。

尚無水粘質物 100g に対する之等の粘質物の塩基度を比較するため、第3·3表最後の項の数値に、灰分％を乗じ millival 単位で示すと、第3·4表の様になる。

第3·4表

粘質物の種類	塩基度 (millival)
テングサ	+89.0
ヒラクサ	+61.1
オニクサ	+16 8
トリアシ	−16.7
エゴノリ	−31.5
オゴノリ	−41.1

之等の資料から、原藻より抽出した無水粘質物についてその無機成分をみると、書き並べた順序に塩基度は減少し、トリアシ以下の粘質物については、順次酸性が強くなつている。

換言すれば親草の粘質物は塩基度の点よりみるとアルカリ性であり、配合藻の方は酸性を示す傾向がある。

3) 原藻の塩基度

a) 試料及びその塩基度測定

最初に原藻の塩基度を考える。

試料として用いた原藻は22種で漁業協同組合、寒天製造業界の協力に依つて集められたものである。従つて産地については新旧地名の呼称が混同している結果となつた。

測定法は原藻を藻搗・洗滌(水溫

第3·5表

原藻の種類	塩基度 (millival)	全SO_3	pH (A)	pH (B)	pH (C)	備考 (産地・採集年月)
テングサ	(+)81.1	1.51	6.9	7.0	6.8	入間
〃	(+)69.7	1.18	6.7	6.7	6.4	伊豆白浜
〃	(+)45.7	1.89	6.7	6.5	6.3	須崎(53年)
〃	(+)36.1	—	6.7	6.5	6.1	〃
〃 (キヌクサ)	(+)32.8	—	7.0	—	—	桃浦
〃 (キヌクサ)	(+)26.5	1.82	6.8	—	—	雲見
〃	(+)19.9	—	7.3	7.5	7.4	仁科
〃	(+)18.9	—	6.7	6.7	6.4	柿崎
ナンブグサ	(+)36.3	2.41	7.0	—	—	有珠
ドラクサ	(+)85.7	2.15	6.9	—	—	須崎
オニクサ	(+)41.9	2.21	7.3	7.2	7.2	土佐
〃	(+)26.2	—	7.1	—	—	須崎
イタニ草	(+)70.9	1.06	6.9	6.4	6.1	遠淵
イギス	(+) 8.3	1.89	7.0	—	—	気仙沼
ヒラクサ	(+)12.9	2.08	7.0	6.9	7.0	薩摩
〃	(−) 4.7	—	6.4	—	—	須崎
トリアシ	(−) 6.2	1.56	6 5		—	〃
オゴノリ	(−)12.9	3.63	6.6	—	—	千葉(52年8月)
〃	(−)18.1	4.68	6.5	6.5	6.5	九州
〃	(−)56.8	5.09	6.7	6.8	6.7	船橋(54年5月)
エゴノリ	(−)23.3	4.30	6.6	—	—	岩崎
キリンサイ	(−)196.9	23.32	7.6	8.0	7.2	セレベス(?)

17～18°C）して附着している石灰藻・土砂等を完全に除去した。オニクサの様に石灰藻の除去し難い原藻は、前記の操作を行つてから、尚残存している石灰藻附着部分を鋏で切除した。次に蒸溜水中に1時間浸漬し、この間に2回換水した。

この様に処理した原藻を遠心脱水後風乾した。

風乾物約 2g を秤取 105°C で恒量とし、之に 0.5N Na_2CO_3 10cc を加え灰化した。灰分の溶解抽出に使用した HCl は 0.5N 20cc であつて、以後寒天の塩基度測定に準じ処理測定した。得られた結果を 100g 無水原藻に対する塩基度（millival）として表示すると、第3•5表塩基度の項の様になつた。

この結果から見ると、同一種類の原藻でも、その塩基度の存在範囲は、或る幅を持つている。親草であるテングサ又之に準ずるナンブグサ、ドラクサ、オニクサ等の塩基度は（＋）であり、配合藻と考えられるヒラクサ、トリアシ、オゴノリ、エゴノリ、キリンサイ等の塩基度は、（＋）の場合にはその数値は比較的小さいか、或は（－）であつた。

b）　原藻中の 全 SO_3 測定

原藻塩基度の大小、（＋）（－）はその 全 SO_3 の量とも関連があるのではないかと考えられたので、若干の原藻についてその 全 SO_3 を測定した。

全 SO_3 の測定に当つては、

(1) 塩基度を測定した後の原藻灰化物溶液に HCl を加えその pH を約2とし、加温後濾過した溶液。

(2) 原藻約 2g を秤取し、原藻塩基度測定の際の精撰工程を経た後 105°C で恒量をはかる。

次に 3% HCl 100cc を加え、3時間静かに煮沸して加水分解を行い、濾過・洗滌を行つて集めた液に NH_4OH 水を加え pH を約2に調節した溶液。

この (1) 又は (2) を使用した。即ち常法に依り $BaSO_4$ の沈澱をつくり SO_3 を定量した。

分析結果は第3•5表 全 SO_3 項に示した。

塩基度と 全 SO_3 との相関係数 r は、

$r=-0.85$　$F_0=36$　$F^1_{14}(0.05)=4.60$ で有意であつた。

即ち原藻の塩基度に対して、その 全 SO_3 の関連は甚だ大きい。

次に原藻煮熟に及ぼす酸・アルカリの影響を考える。

そのために、煮熟中の膠質溶液の pH も同時に測定すべきものと思われる。

c）　原藻の pH 測定

風乾原藻 4g を秤取し木槌で叩き、附着している石灰藻・土砂等を分離させ、30分間 18°C の流水（水道水）で洗滌して、之等の夾雑物を除いた。水切後 pH7 の蒸溜水で 100cc とし、密栓して 21±2°C で 24 時間放置した。次に標準液で検定したガラス電極を用い、その pH を測定した。結果は第3•5表 pH の項（A）に示した。　尚この様にして pH を測定した原藻を含んだ液は、

更に 95°Cに加温し、加熱開始後2時間目、4時間目にそれぞれ冷却してその pH を測定した。pH の測定温度は約 22°C であつた。測定結果はそれぞれ pH の項（B）及び（C）に示した。

pH 測定の結果は常温浸出液については、6.4～7.6 の範囲にあつた。

テングサ、ナンブグサ、ドラクサ、オニクサ等の親草又は之に準ずる原藻の常温浸出液は、pH 7 前後のものが多い。キリンサイの例を除外すれば、配合藻の pH は一般に低い傾向がみられた。キリンサイの常温浸出液及び煮熟溶液の pH が 7 より大きいのに、その灰分塩基度が強い酸性を示す事、又イタニ草にその逆な現象がみられる点は、その事実を報告するに止め、その特異性については今後の研究結果に俟ちたい。

若干の原藻は水を加えて熱すると、加熱時間と共に、その溶液の pH は酸性に傾いて行く傾向がみられた。この様な原藻は、概ね煮熟が容易であつた。この酸性化の現象は、著者が先に述べた様に、そのゲルの *Cc/Cr* の減少する事と、関連するものと思われる。

又同一種類のテングサについて、最初の原藻の常温浸出液の pH が低いものは、煮熟時間が短くても、寒天質の抽出が良好である事が定性的に観察された。例えば4時間加熱後 pH の小さい須崎産テングサは濃厚な心太ゲルを形成し、pH の大きい仁科産テングサは、同様の処理条件で、藻体も硬く抽出心太ゲルは稀薄で凝固性も少なかつた。

これと同一性質の現象は pH の大きい土佐産オニクサ、薩摩産ヒラクサにも見られた。従つて之等の pH の大きい原藻はキリンサイの例を除外すると、寒天質の抽出効率を高めるため、酸の使用量も当然多くなる。

井川・沖田両氏[2]は神津産ヒラクサ、高岡産オニクサ、八丈島産オニクサ等について、原藻からの粘質物抽出に当つて、最適酸濃度はテングサより大きい事、又オゴノリ、エゴノリ、イギス等の若干種について、それ等の最適酸量はテングサの場合より小さい事を実験している。両氏はその実験結果から推定して、各種の原藻に共通する硫酸量として、原藻に対して 0.5% をすゝめ、オニクサ、ヒラクサ等には最高 1.5% の硫酸量を使用した例を記載している。

天然寒天について、関西地方と信州地方の実施例を考えると、その原藻配合率は第2章に述べた様に、前者は親草 80～90%、後者は 60～80% を使用している。この際使用する硫酸量は、井手氏[3]に依れば関西地方で約 0.35～0.53%、信州地方の場合は木村氏[4]に依れば 0.25～0.35% であつて、関西地方より信州地方は親草使用割合、硫酸量共に少ない。

柳川氏[5]はアルカリ処理に依り、オゴノリ等の粘質物はその凝固性を増す事を報告している。原藻煮熟に当りアルカリを使用する例は、I. V. Kizevetter[6] がイタニ草の煮熟に $Ca(OH)_2$ を添加する報告がある。近年舟木・小島[7]両氏は、風乾オゴノリに原藻重量の 30% の NaOH を添加予備処理を行うオゴノリ寒天質の工業的抽出法を報告している。

これ等一連の事実は、著者が先に行つた「寒天ジェリーの強度に及ぼす pH の影響」、「原藻の pH と寒天ゲルの性状」[8]、又この章に述べた原藻 pH の煮熟時間に伴う変化等の結果をも考え合せると、原藻の煮熟に当り、その抽出液の pH を煮熟中なるべく中性又は微酸性に保持するた

めの操作と関聯させ得るであろう。

4）製造工程に依る塩基度の変化

原藻の煮熟に当つて加えられる酸が、抽出される心太、又製品である寒天の塩基度にどの程度の影響を与えるか推定してみよう。

荒木氏は大阪府高槻に於て、混合凧テングサを、硫酸酸性で煮熟し、寒天を製造する過程について、混合原藻・心太・融解心太及び製品寒天等の分析を行つた。その分析結果から、製造工程中の各段階に於て、灰分 100g に相当する原藻・心太・融解心太及び寒天の塩基度を推定計算すると第3•6表の結果が得られる。計算結果は val 単位で示した。

第3•6表

		CaO	MgO	K_2O + Na_2O	Fe_2O_3 + Al_2O_3	MnO	SO_3	SiO_2	Cl_2	P_2O_5	CO_2	塩基度(val)	
A	混合藻	1.70	0.52	0.01	0.06	0.03	0.53	0.11	0.02	0.07	0.92	+2.32 −1.65	+0.67
B	心太	1.02	0.57	0.01	0.03	0.03	1.34	0.11	0.01	0.09	0.03	+1.66 −1.58	+0.08
C	融解心太	1.09	0.65	0.02	0.06	0.03	1.38	0.09	0.02	0.07	0.02	+1.85 −1.58	+0.27
D	寒天	0.80	0.73	0.02	0.07	0.03	1.03	0.10	0.02	0.07	0.02	+1.74 −1.24	+0.50

計算に当り、K_2O+Na_2O は平均分子量として 78.1 を用いた。又 SO_3 の量は混合原藻・心太・融解心太等については、原報第2表の硫黄の数値から誘導算出した。尚ハロゲンは Cl_2 として計算した。CaO より MnO に至る諸数値の和を（＋）、SO_3 より CO_2 に至る諸数値の和を（−）として、その総和を求める第 3•6 表最後の項の数値が得られる。この数値と全乾燥物重量中の灰分％とから、全乾燥物 100g 当りの塩基度を求め、millival 単位で示すと、第3•7表の結果が得られる。

混合テングサ及び寒天の塩基度は、それぞれ著者が実測したテングサ及び関西寒天の塩基度と大差は認められない。

第3•7表

混合藻	(+)79.7millival
心太	(+) 6.2
融解心太	(+) 9.4
寒天	(+)16.1

次に之等の混合原藻•心太•融解心太及び寒天等の無機成分が工程が進むにつれて、どの様に量的変化をするか近似的に推定してみる。

今一番煮から得られた細寒天風乾物 33.8kg と舟底寒天風乾物 1.86kg について、水分その他の成分の差を、一応無視して細寒天 1kg に相当する原藻無機物の量（A）′ を求めると（A）′ は 0.245kg と計算される。

煮熟水量 1768L、圧搾の際の差水 168L、硫酸の稀釈水約 3L 合計 1939L の水量と、容量 54L の舟 40 杯に移した心太の量から考え、煮熟中に蒸発した水量及び煮熟圧搾残渣に移行した水量は一応無視すると、1kg の細寒天に相当する心太中の無機物（B）′ は次の様に計算される。

$$1939\times\frac{1}{35.7}\times\frac{2.04}{100}\times\frac{7.69}{100}=0.085\text{kg}$$

次に 1kg の細寒天に相当する融解心太中の無機成分の量 (C)′ を求める。

融解心太から寒天になる際は、固形物質の流失は無視できると考えられるので (C)′ は融解心太と寒天から、それぞれ水分を差引した固形分の比率より計算した。即ち (C)′ は次の様になる。

$$\frac{78.66}{16.08}\times\frac{16.08}{100}\times\frac{3.49}{100}=0.027\text{kg}$$

又細寒天 1kg 中の無機物の量 (D)′ は 25g と計算される。以上の計算から、原藻より寒天を製造する工程に於て、1kg の細寒天に相当する無機物は初めの量の約1割に減少する事が判る。

第3•6表の数値について、(A)×2.45, (B)×0.85, (C)×0.27, (D)×0.25 の結果を表示すると第3•8表の様になる。

第3•8表

		CaO	MgO	K_2O $+Na_2O$	Fe_2O_3 $+Al_2O_3$	MnO	SO_3	SiO_2	Cl_2	P_2O_5	CO_2	塩基度 (val)	
A	混合藻	4.16	1.27	0.02	0.15	0.07	1.30	0.27	0.05	0.17	2.25	+5.67 −4.04	+1.63
B	心太	0.87	0.48	0.01	0.03	0.03	1.14	0.09	0.01	0.08	0.03	+1.42 −1.35	+0.07
C	融解心太	0.29	0.18	0.01	0.02	0.01	0.37	0.02	0.01	0.02	0.01	+0.51 −0.43	+0.08
D	寒天	0.22	0.18	0.01	0.02	0.01	0.26	0.03	0.01	0.02	0.01	+0.44 −0.33	+0.11

この表から (A) より (D) に至る諸工程に於いて、1kg の細寒天に相当する各無機成分の量的変化の過程を、近似的に推定し得よう。

尚この際の単位は val で示した。

この計算結果から見ると、最も大きい塩基度の変化は、原藻から心太液を抽出する際に起り、心太・融解心太及び寒天相互の塩基度の差は、比較的少ない。

又 (A)→(B) の工程で、最も顕著な変化を示した成分は Ca, Mg 及び CO_2 等であつた。

この事は $CaCO_3$ 及び $MgCO_3$ 等の溶解度が、比較的小さい事にも原因しよう。

(B)→(C) の工程では塩基度には殆んど変化は認められないが、Ca, Mg, SO_3 等の個々の成分の変化はかなり明らかである。

中山氏[10]は $CaCO_3$ は 600°C 以上に於て一部は分解する傾向のある事を報告している。原藻塩基度測定のため、灰化する際 $CaCO_3$ の一部は CaO に変化する事も考えられるので、(+) を示す原藻塩基度の数値のうちには、この様な原因に依る部分のある事が想像される。尚原藻の分析値中に示される $CaCO_3$ の量のうちには、原藻を藻搗洗滌する際、除去し切れなかつた石灰藻に起因するものがある事も考えられる。

更にアルカリ土金属の炭酸塩溶液がアルカリ性を示す事は、オゴノリ、エゴノリ等が弱酸性を示すのに反し、テングサ等の親草が一般に之等の配合藻より更に中性に近い pH を示す現象に関与する事が考えられる。又前記第3•8表の実験に於て、混合藻より心太液を抽出するに当り、加えられた硫酸量は細寒天 1kg 当り近似的に (−)0.38val と計算され、塩基度の減少に与るも

のと考えられた。

この荒木氏の実験結果からの計算例で、原藻とその製品の塩基度関係が明らかにされた。

更に一般の場合について、酸を添加し、又アルカリに依る予備処理後、通常凍結融解或は加圧脱水法に依る製品の塩基度存在範囲は第3•1表の様である。製品の塩基度存在範囲が、第3•5表に見られる原藻塩基度存在範囲、或は抽出心太液に有機溶媒を直接加える沈澱法の結果を示す第3•4表の粘質物の塩基度存在範囲等より小さい点は、寒天の精製法と関連して注目に価する。

5)　**原藻塩基度とその応用例**

之まで述べた水溶媒の場合と異なり、非水溶媒を使用した例であるが、グリセリン中でテングサから寒天質の抽出を行つた実験例[11]がある。この実験で使用した原藻は雲見産テングサで、単独煮熟を行つた。

従来水を抽出溶媒とした場合、混合原藻の大部分が、テングサ等の親草である関西寒天について、その使用する硫酸量は原藻に対して、大凡 0.35～0.53% と考えられる。この実験で使用した雲見産テングサ（水分20.6%）1.2g に対して 4.2～6.4mg と計算される。

エゴノリの様に原藻浸出液の pH が低く、その塩基度も(−)であるものを含まないテングサの単独煮熟の例に、この数値をそのまゝ適用するのは、若干の凝問がある。むしろこの数値は一応最低の近似的酸量として抑えられ、実際にはこれより多くなるものと考えられる。

他方この実験で使用した雲見産テングサの原藻塩基度は（+）26.5 millival であつた。

この塩基を中和するに要する硫酸は、風乾物 1.2g に対して 12.3mg に相当する。適正酸量は溶液の pH、加熱条件等も考慮しなければならないが、この数値から著るしく離れる事はなかろうと考えられた。

この実験例は同報告[11]第3表及び附属の写真に詳しく示した。その結果は、

(1) グリセリン 50cc 中に風乾原藻 1.2g を添加し 105°C で1時間加熱し、その原藻皮層の組織を破壊し、寒天質を溶媒中に拡散させる予備処理として必要であつた硫酸量は 9～22.5 mg の中間にあつた。

(2) この条件で3時間105°C で加熱した後のグリセリン溶媒の示す pH は、抽出寒天の *Cc/Cr* に比較的悪影響の少ない数値、即ち 5～6 であつた

これ等の諸点を考慮に入れると、12.3mg の硫酸量はこの際の適正酸量の指標として採用できよう。

更に同報告実験6に於て示した様に、グリセリン 145g に $1N\,H_2SO_4$ 2.5cc を混和した後、雲見産テングサ風乾物 10g を加え、3時間予備加熱を行い、$liqNH_3$ を分散剤として加え抽出実験を進めた際、最終的に得られた粗寒天ゲルの性状分析値は、*Cc/Cr* 1.40 となつて優良な性状を示していた。この際原藻塩基度から算出された酸の所要量は $1N\,H_2SO_4$ 2.1cc であつて、この実験の際の硫酸添加量とほゞ等しく、その添加量に大過のない事を示している。

原藻塩基度の測定結果だけから、すべての原藻について、寒天抽出に使用する酸量を決定する

事は、原藻中に含まれる諸成分の全貌が知られていない現状では危険であり、今後研究の余地がある。然しこの一連の実験結果より知られる様に、原藻塩基度の測定値は、現行の寒天製造工場の大部分がテングサを主要原藻とする限り、添加酸量を決定する為に、かなり有力な参考資料となり得るであろう。

6) 個々の寒天塩基度

第3•1表にみられる個々の寒天塩基度については、(1), (2) のイタニ草寒天、(3) のイタニ草及びオゴノリを主体とし、ナンブグサを配合した混合原藻からつくられた寒天等は、(1), (2) は煮熟工程中に $Ca(OH)_2$ を石灰乳として加え、(3) は予め $Ca(OH)_2$ 溶液中に原藻浸漬処理を行つている。

これ等の製品塩基度の (+) である事は、イタニ草の原藻塩基度が (+) である事、又煮熟に当つて石灰未処理の心太液は、かなり酸性を示すが、之等の酸性は石灰乳に依り中和されている事等に関連するものと考えられる。(4), (5) 等の寒天については、オゴノリ原藻を 1%NaOH 溶液中で加熱水洗後、煮熟工程に入つているので、原藻塩基度の酸性より減少している。

(1), (2), (4), (5) 等の例は、単一種類の原藻を使用しているが、現在多くの寒天製造工場では、各種の原藻を配合使用している。

先に述べた様に、関西地方では親草の配合率は、80～90%、信州地方では親草の配合率は 60～80% 程度と考えられる。

又これ等の親草を使用する場合、その5割は伊豆東南岸の原藻を配合する例が多い。

塩基度測定の例数は少ないが、伊豆東南岸の親草には、原藻塩基度が(+)で且つその数値が大きいものが多い様に思われる。

原藻塩基度の大きい原藻は、使用される酸に対してその藻体の煮くずれが少ない。

この事は多くの天然寒天工場に施設されている比較的に原始的な濾過設備に依つて、心太液の分離を行う際、その濾過効率と多大の関連をもつものと考えられる。

親草の配合率に相違がある事に依り、原藻の総塩基度は、関西地方の配合率では、信州地方のそれ等より、一般に更に (+) となるであろう。

これ等の結果は (8), (9) の関西寒天、(12), (13) の信州寒天の塩基度に影響を与えていると考えられる。又 (10), (11) 等の岐阜系寒天の塩基度は、その製造条件が関西・信州両地方の中間にある様に、その塩基度の測定結果も亦、両地方製品の中間に位していた。

尚第3•6表(D)例の寒天の分析結果に見られる様に、寒天中に含まれる無機成分中陽性成分としては Ca 及び Mg、陰性成分としては SO_3 が最も多い成分と考えられる。

そこで第3•1表の (1), (2), (8), (9), (12) 及び (13) の寒天試料について、その Ca を定量した。定量法[12]は灰分中のを蓚酸カルシウムとして沈澱させ、500°C で灼き $CaCO_3$[10] として定量した。

分析結果は無水寒天中に含まれる CaO% として第3•9表に示した。

他方 全SO_3 は第2章第2•9表の結果から得られる。

CaO/全SO_3 の比率はイタニ草寒天 (1), (2), 関西寒天 (8), (9), 信州寒天 (12), (13) の順に小さい数値を示している。

この事実もこれ等の寒天塩基度の妥当性を傍証する資料となり得よう。

第3•9表

試料番号	1	2	8	9	12	13
CaO	1.27	1.45	1.02	1.28	1.28	0.91
全SO_3	1.10	1.53	1.91	2.19	2.73	3.05
CaO/全SO_3	1.15	1.95	0.53	0.58	0.47	0.30

a)　寒天塩基度とその pH

著者が大竹氏[13]と共に、樺太産イタニ寒天 (2)、関西細寒天 (8)、信州細寒天 (12) のそれぞれ1% ゲルについて、硝子電極を用いて、その pH を測定した結果は，第3•10表の様であつた。

第3•10表

	pH (1%ゲル)(25°C)
樺太イタニ寒天 (2)	7.88
関西細寒天 (8)	7.05
信州細寒天 (12)	6.78

塩基度の比較的大きい樺太イタニ草寒天、関西細寒天は、いづれもその pH は7附近か又はそれより大きかつた。塩基度が (−) を示す信州寒天の場合には、そのゲルは微酸性を示していた。

第3•10表の結果と第3•4表、第3•5表等の結果とを考え合せると、煮熟に当り酸を添加して加熱抽出するのを通例とする天然寒天製造法に於て、塩基度が (+) で且つ大きい数値を有する原藻に含まれる寒天質は、一般に同一量の酸を添加し尚煮熟条件が等しい場合には、塩基度が (+) でも小さいか又は (−) の原藻に含まれる寒天質よりも、加水分解は受けにくいと考えられる。又この様な煮熟例では、原藻藻体の軟化程度も前者は後者より小さい。

即ち第3•4表、第3•5表及び第3•10表の実験結果はテングサ、オニクサ、ドラクサ等が一般に親草として尊重され、エゴノリ、オゴノリ等はアルカリに依る予備処理を行わずそのまゝでは酸に弱く、ともすればジエリー強度の低い賦形増量剤とみなされ易い事、又その他の配合藻がこれ等両者の中間に位するものとされる現象の一斑を説明する資料となし得る。

b)　寒天塩基度と全 SO_3 の関係

第3•1表の寒天塩基度と、第2•9表に示したこれ等の寒天の 全SO_3 数値との相関を求めると、

相関係数 $r=-0.43$ $F_0=2.11$ $F_9^1(0.05)=5.12$ となり、原藻塩基度とその 全SO_3 の場合と異なり、有意な相関は認められなかつた。

c)　寒天塩基度と *Cr. s.* の関係

又寒天塩基度と、その寒天からつくつたゲルの *Cr. s.* の数値を第2•9表より求め、両者の相関係数 r を計算すると、

$r=+0.09$ $F_0=0.09$ $F_9^1(0.05)=5.12$ となつて有意とは考えられない。

7)　総　　括

1)　各種の原藻及び原藻から抽出した粘質物の塩基度の測定、又分析値よりの計算を行つた。一般に親草の塩基度は (+)、即ちアルカリ性であり、配合藻の塩基度は (+) でも小さいか又

は酸性（－）である事を知つた。

原藻より抽出した心太液よりアルコール沈澱法により得られた粘質物についても近似した関係が認められた。

2) 親草の原藻塩基度がアルカリ性である原因の一部は、Ca 及び Mg の炭酸塩の存在に依る事、配合藻の原藻塩基度が（＋）でも小さいか又酸性を示すのは、含まれている硫酸根と大きい関連のある事が了解された。

尙原藻塩基度とその 全 SO_3 との相関は大きい。

3) 原藻塩基度とその冷浸出液の pHとの関係は、塩基度の（＋）である親草又はこれに準ずる原藻は概ね pH が7又はこれに近く、塩基度が（＋）でも小さいか又（－）の原藻の場合には、キリンサイの例を除外すると、親草の示す pH の数値より酸性側に寄る傾向が見られた。

4) 製造工程中最も大きい塩基度の変化は、原藻より心太液を抽出する際に見られる。心太・融解心太及び製品寒天相互間の塩基度の相違は比較的に小さい。

5) 製品寒天の塩基度の存在範囲は、原藻塩基度、抽出した心太液とアルコールを混合して沈澱させた粘質物について計算した塩基度等の存在範囲より狭かつた。

6) 原藻より寒天質の抽出に当り、塩基度の測定結果だけをつかつて、使用酸量を決定する事は当を得ないと思われるが、pH 等と共にかなり有力な参考事項となり得る事を示した。

7) 産地銘柄が違う市販寒天について寒天塩基度を実測した。その結果アルカリ性（＋）のものと、酸性（－）のものがある事が知られた。

又製造条件の知られた若干の寒天について、その寒天塩基度に及ぼす原藻の配合種類、その配合率、製造工程中に使用される酸・アルカリ等の影響について論じた。

尙寒天中の 全 SO_3、ゲルの *Cr. s.* 等と寒天塩基度との関連についても計算したが、両者共に寒天塩基度との間に有意な相関は認められなかつた。

第4章　寒天ゲルの濁りについて

緒　　言

寒天の主要な用途の一つである、かび、細菌等の平板培養では、夏季1.5～2.0%、冬季1.3%程度の寒天が主体となつている[1]。そのゲルの透明感は、高い事が好まれている

現在では経験的に、寒天ゾルに卵白等を添加し、その加熱凝固の際の吸着現象を利用して懸濁物を除き、濾過放冷して比較的透明なゲルを作つている。

一般にゼリー等の食品に、寒天を使用する場合に於ても、ゲルの透明感の大きい方が、寒天の商品価値は高い。

寒天ゲルの濁りについては、K. Krishnamurti[2] は寒天ゲルのチンダル光はゾルの場合より強く、更にゲルは温度の低下と共に、そのチンダル効果が大きい事を報告している。著者は我国で得られる若干の寒天試料について、その濁りを実測し、その結果及び濁り、その他ゲルの色相等

と関連する若干の事実について報告する。

1)　計器及び試料の調製

著者の実験例では、特に記載しない限り、フィルター式光電比色計を用いた。寒天試料は多少の誤差を生ずるが、実用上の便宜も考えて、外径 20mm、内径 18mm の硬質試験管にゾルを分注し、凝固後同一径の試験管に蒸溜水を入れたものを標準とし、室温に於て見掛上の透過率 T%、又は吸光度〔D〕を表示する事にした。尚若干の実験例では日立製 EPU-2 型分光光電光度計、R-3 型分光光電反射計を使用した。光電比色計のフィルターの撰定に当つては、光の吸収及び分散は短波長の方が顕著な事は当然予想されたが、寒天ゲルが外観上乳白色を呈した試料(A)、及び淡黄色を帯びていた試料（B）について実測した結果は第4•1表の様であつた。

第 4•1 表

波　長 mμ	450	480	530	580	620	660
試料 A $D_{0.80\%}$	0.52	0.43	0.35	0.30	0.24	0.21
〃　B $D_{0.98\%}$	0.72	0.64	0.52	0.51	0.44	0.40

(室温 15°C)

その結果から測定に当つては、これ等のフィルターのうち 450mμ に最大透過率を持つ科研製グラス・フィルターを使用した。

このフィルターの分光分布曲線は実測すると第4•2表の様であつた。

第 4•2 表

波　長 mμ	390	410	430	440	450±2	460	480	500
透過率 T%	0	6.0	14.0	21.5	25.0	24.0	11.0	1.0

寒天ゲルの調製に当つては、最初に比較的不透明及び透明なゲルを形成する寒天試料（C）及び（D）を撰び、その風乾物から 2% ゾルをつくり、室温（15°～18°C）に放置して、吸光度〔D〕が一定になるのに要する時間を、前述の条件で測定した。実験結果は第4•3表の様になつた。

第 4•3 表

時　間 hrs		0.5	1.0	1.5	2.0	4.0	24.0
〔D〕	試　料(C)	0.62	0.80	0.82	0.85	0.89	0.87
	試　料(D)	0.49	0.66	0.68	0.68	0.70	0.70
試験管内温度 °C		36	25	20	17.5	16	18
室　温 °C			15～18				

この実験結果から、以後の実験には、試料寒天 1g に 100cc の蒸溜水を加え、60 分間常温で膨潤させて後、98°C 60 分間の加熱を行い、試験管に分注し室温で1晩放置して、450mμ フィルターの存在で測定する事にした。

2)　寒天試料に依る吸光度の相違

これ迄著者が入手できた 28 種の市販寒天試料について、前節に述べた方法に依つて風乾物(水分20～22%)重量1% のゲルをつくり、その吸光度〔D〕を測定した。測定温度は15～16°Cであつた。得られた結果を表示すると第4•4表の様になつた。

第 4•4 表

種類 ＼ 吸光度〔D〕	0.2–0.3	0.3–0.4	0.4–0.5	0.5–0.6	0.6–0.7	0.7–0.8	計
関西寒天	—	—	2	3	1	—	6
岐阜　〃	—	—	2	—	—	—	2
信州　〃	—	—	2	1	—	—	3
その他	—	1	4	1	1	1	8
人工寒天	1	1	5	1	1	—	9
計	1	2	15	6	3	1	28

第4•4表中「その他」の項は関西・岐阜及び信州以外の天然寒天であり、「人工寒天」の項には、

寒天製造の原理は天然寒天の場合と異つてはいないが、原藻の煮熟抽出以後の諸工程の一部又大部分が人為的に管理できる製造法に依る寒天を示す。

実験結果では、前記の実験条件で、0.4～0.5 の吸光度を示す製品が最も多く、0.2 以下、又 0.8 以上の製品は認められなかつた。

天然寒天と人工寒天の間では著るしい相違は認められなかつたが、後者に 0.3 以下の数値を示す製品が存在する事は注目を惹く事実である。

3) 濃度に依る吸光度の変化

前項の実験から、寒天試料によつて、夾雑物等にかなり差のある事が認められたので、これ迄使用して来た（A），（C）及び（D）の3種の寒天試料を次の様に処理した。即ちゲル化させた後更に、予め微温蒸溜水で水洗して紙繊維等を除いた東洋濾紙 No. 26 で、保温漏斗を用いて濾過し、夾雑物等を可及的に除いてから、適当に熱蒸溜水で稀釈して試験管中で、凝固させ、前記の測定条件で、吸光度〔D〕を測定した、実験結果は第4•5章に表示した。表中〔C〕は寒天ゲル中の固形成分の濃度（%）を示し、ゲルを 105°C で乾燥し恒量から算出した。尚〔D〕の測定温度は 15～16°C であつた。

第 4•5 表

(A)	〔D〕	0.11	0.24	0.39	0.52
	〔C〕%	0.20_2	0.40_7	0.61_2	0.82
(C)	〔D〕	0.08	0.18	0.30	0.44
	〔C〕%	0.18_1	0.36_4	0.55_1	0.74
(D)	〔D〕	0.09	0.15	0.25	0.37
	〔C〕%	0.19	0.38_2	0.57_4	0.77

即ち寒天ゲルの濃度〔C〕が増すと共に、その吸光度〔D〕も亦増加する。著者の実験条件では 0.2～0.8% の濃度範囲で、

$$D = aC - b$$

〔a, b は一定の実験条件下でそれぞれ各寒天に特有な常数〕

の一次式で表わしても実用上大過はない様に思われた。

前記の実験例から同一濃度に於ける吸光度〔D〕は濾過して夾雑物等を除いた場合でも、寒天に依つて異つていると考えられる。それで市販寒天について更に前述の実験条件で、実験を重ねた。実験結果は一次式の形で第4•6表〔D〕欄に表示した。

この第4•6表〔D〕欄の b 項の数値は 0～0.04 であつた。この様な数値が得られたのは、寒天ゲルの吸光

第 4•6 表

試料番号	〔D〕15～16°C (b)	Cc/Cr	$Cr.s.$	pH(25°)	粗灰分 %	$\{AlPO_4 / FePO_4\}$ %	製造工程	主原藻
(1)	0.87 C—0.03	1.02	1.48	6.1	1.63	0.45	人工	オゴノリ
(2)	0.67 C—0.02	1.67	0.99	7.1	3.81	0.26	天然	テングサ
(3)	0.67 C—0.03	1.27	1.22	6.6	2.88	0.15	人工	テングサ
(4)	0.64 C—0.04	0.94	0.95	5.4	2.30	0.03	{人工*/天然}	オゴノリ
(5)	0.57 C—0.04	1.42	0.99	6.2	3.94	—	天然	テングサ
(6)	0.57 C—0.03	1.19	1.22	6.7	3.49	—	天然	テングサ
(7)	0.50 C—0.03	1.12	1.45	6.6	1.31	0.44	人工	オゴノリ
(8)	0.43 C—0.00	1.23	1.23	6.6	1.78	0.28	〃	〃
(9)	0.34 C—0.00	1.00	1.18	7.0	2.17	0.31	〃	〃

(1)*心太ゲルの凍結は冷凍庫を使用し、融解工程以後は天然寒天の場合と同じく戸外に於て自然融解風乾を行つている。

(2) 第4•5表の A, C, D の試料は第4•6表の No. 3, 4, 8 に相当する。

度が、Beer の法則から若干の偏差のある可能性を示すものと予想された。これを確めるため、次の実験を行つた。前記の実験条件に従い、厚さ 10mm の cuvette に収めたゲルについて、日立製分光光電光度計を用い、450 mμ の波長で吸光度〔D〕を測定した。結果を第4•7表に示す。こゝに掲げた No. 2 及び No. 4 の試料は、第 4•6 表の場合と同一試料であつた。この場合の測定温度は、前者では 18.5°C 後者は 18°C であつた。

第 4•7 表

No. 2	〔D〕	0.102	0.124	0.235	0.279	0.359	0.416			
	〔C〕%	0.249	0.288	0.500	0.578	0.754	0.870			
No. 4	〔D〕	0.066	0.082	0.118	0.178	0.230	0.300	0.312	0.396	0.490
	〔C〕%	0.260	0.310	0.360	0.510	0.630	0.712	0.750	0.921	1.050

この第4•7表の結果は No. 2 の場合には、(a) 又は (b) 式で表わせる

(a) $D=0.505C-0.02$　　(b) $D=0.473C$

No. 4 の場合には、(c) 又は (d) 式で示される。

(c) $D=0.526C-0.07_8$　　(d) $D=0.442C^{1.37}$

濃度範囲が広くなると、原点を通る直線関係は認められない。この事実は、この様な条件で寒天ゲルの吸光度が、厳密な意味では Beer の法則には従わない事を示している。

次に第4•6表〔D〕欄から $〔D〕_{0.5\%}$ の数値を算出し、*Cr. s.* の数値は寒天の純度を示すものと一応仮定して、両者の相関係数 r を計算すると、

$r=0.178$　$t_0=0.48<t(\alpha=0.05\ n=7)=2.365$

となつて有意な相関は認められない。即ち、市販寒天の吸光度は、*Cr. s.* で示される寒天の純度だけでは決定されない。そこで吸光度に影響があろうと予想される諸要素について、以下の実験を行つた。

4)　酸の及ぼす影響

第4•6表(5)の試料寒天 1g に蒸溜水 100cc を加え、第4•8表記載の硫酸を添加し、98°C 60 分間加熱してゾル化した。試験管に分注後、更に湯煎中で冷却管をつけ蒸発を防ぎながら、表記の時間加熱を続行した後、放冷し翌日吸光度を測定した。これ等の実験結果は、第4•8表に示した。尚表中 pH の数値は最初 98°C 60 分間の加熱を行つたゾルを放冷後、室温(15°C)に於てガラス電極を用いて測定したものである。

第 4•8 表

添加酸量 ＼ 分注後の加熱時間 hrs			0	1	3	5	pH(15°C)
(a)	H_2SO_4 0.1N	0.1cc	0.51	0.47	0.52	0.55	6.4
(b)	〃	0.5cc	0.59	0.60	0.62	—	5.1
(c)	〃	1.0cc	0.66	0.74	0.92	1.00	4.4
(d)	〃	2.5cc	0.36	0.09	—	—	—
(e)	HCl 0.1N	1.0cc	0.64	0.70	0.89	—	—

この実験で、(c), (e) の例中吸光度〔D〕が 0.8 以上の場合には、ゲルの凝固力は著るしく減少し、冷却後試験管を徐々に横位置にすると、半流動体として流れた。(d) の場合の様に、更に酸量を増加して加熱すると、冷却後ゲル化能力は全く失われた。この場合には、寒天は加水分解して、分注後加熱しない時でも絮状沈澱を生じ、静置すると試験管の上層は全く透明であり、下層

には白色沈澱が沈積していた。更に加熱をつゞけた場合（分注後の加熱1時間）には、靜置放冷後この沈澱物は消失していた。(d) 項中の吸光度〔D〕は、いづれも放冷後振つて測定した数値であり、ゲル形成の際の吸光度の諸数値より、かえつて小さくなつている。

寒天質に対する酸、熱の影響をまとめてみると、ゲル形成能力が失われない範囲では、酸の添加量が多くなると共に、又同一酸量では加熱時間の延長により、寒天ゲルの吸光度は大きくなる。更に多量の酸の存在、又加熱時間の延長により、ゲル形成能力は失われ、膠質の吸光度は、かえつて減少する。

同様な現象は (8) の試料について行つた実験の際にも認められた。これ等の実験例から考えると、一般に原藻から寒天質の抽出に当つて、酸の使用量の多い事、又加熱時間の長い事等は、製品ゲルの透明度を低下させる一因となるものと考えられる。

寒天製造業者の云う「酸キヽ」の寒天ゲルは白濁しているが、この現象は、これ迄の実験結果に依つて裏付了解される。

以上の実験過程に於て、初期に生ずる白濁物質は、後で詳述する様に寒天分子集合体と関連があると思われる。然しながら白濁を呈する物質の一部は、寒天が加水分解する途上に於て生成される遊離の寒天酸[3][4]とも、関連があるとの疑問があるが、詳細は今後の研究に俟ちたい。

原藻から寒天質の抽出に当つて、加えられた酸は寒天質とも反応するが、原藻と共に残存している石灰分等に依つても消費される。尚心太ゲルの凍結・融解又は圧搾脱水等の工程の効果と相俟つて一般には製品寒天中に遊離の酸として残存するとは考えにくい[5]。従つて原藻から寒天になる迄に、酸に依つて生じた透明度の低下について、製品寒天に、水を加えて得られる浸出液のpHから、知る事は多くの場合、困難であろう。然し寒天を高分子電解質として考えると、その分子組成は、寒天の種類に依つても異なり、単一ではないと考えられる。各種寒天の同一濃度の懸濁液について、寒天質が水に依つて膨潤すると共に、その酸基数、解離の程度等に伴うpHの変化は当然考えられる。従つて寒天の懸濁液を加熱する際には、ゾルとして加水分解の程度もそれぞれ異なり、更に再びゲル化した際、その浸出液のpHが低かつた場合には、ゲルの透明度は低下しやすいものと予想される。それで次の実験を行つた。

第4•6表に記載の各寒天風乾物1gを三角フラスコに秤取し、之に50c.c.の蒸溜水を加え密栓し、時々振つて2時間経過後その浸出液のpHを測定した。測定には硝子電極を使用した。尚この時使用した蒸溜水は、CO_2を含むためと考えられるが、pH 5.9であつた。測定結果は第4•6表のpH項に表示した。ゲルの吸光度と懸濁液のpHとの間には、一義的な関係は認められなかつたが、懸濁液のpHが低いもので、そのゲルの吸光度〔D〕が著るしく小さいものはなかつた。

5) 漂白工程の及ぼす影響

前節の実験に於て、寒天ゲルの透明度は、酸の存在に依つて減少する事を知つた。著者は先に寒天ゲルの特性、特に Cc/Cr の項について、漂白操作は酸の存在に於ける加熱と共に、大きな影響を与える事を述べた[6]。それで漂白工程が、寒天ゲルの吸光度に影響を及ぼす可能性も一応

考えられるので、次の実験を行つた。試料寒天として第4•6表記載の試料 (2) 及び (5) の風乾寒天を、それぞれ 3.5g 秤取した。之等にそれぞれ 175cc の蒸溜水を加え、60 分間室温で膨潤させた。98°C 60 分間の加熱後濾過・放冷した。2時間後 mixer で均一なペーストにした。このペースト 10g 中には風乾物として約 0.2g の寒天を含むものと計算される。このペースト 10g を試験管に採り、第4•9表記載の稀釈塩素水を加え、実験番号 (1) 内至 (5) は全容を 20cc とし、充分振つた。(A) は 30 分間又 (B) は 60 分間反応させ、次に 98°C 20 分間加熱し、1晩放冷後常法で吸光度を測定した。測定溫度は3 2°C であつた。尙使用した塩素水は実験に先立つて新しく調製した。

第 4·9 表

実験番号	有効塩素量 (p.p.m)	〔D〕 No. 5 A	No. 5 B	No. 2 A	No. 2 B
1	0	0.46	0 46	0 60	0.60
2	10	0.46	0.46	0.60	0.60
3	26	0.46	0.46	0.60	0.59
4	44	0.50	0.49	0.62	0.64
5	62	0.54	0.54	0.64	0.66
6	340*	0.45	0.46	—	—
7	690*	0.02	0.02	—	—

その有効塩素量は沃素滴定法で定量し、之を適当に稀釈使用した。実験結果は第4•9表の様になつた。表中(*)のない実験例の有効塩素量は20cc 中の p. p. m で示した。

ゲルの性状は試料 (2) については、実験番号の数値を増すに従い、漸次彈性を失い脆い感じが出て来た。他方有効塩素量の増加と共に、ゲルの吸光度も亦増加する傾向が伺われた。(5) の試料についても、同様な現象がみられた。

然し実験番号 (4), (5) 等の試料は漸くゲル化しているに過ぎない。更に塩素量の著るしく多い実験番号 (6), (7) 等では、加熱放冷後は全然ゲル化せず、寒天は絮状沈澱、又は浮游物となり不均一系になつた。

この不溶性物質の化学構造については現在明らかでない。尙実験番号 (6), (7) 等の有効塩素量は、使用した寒天量は実験番号の (1)～(5) 実験例と同一であつたが、塩素漂白を行う際の液量は、10cc であり、反応後 20cc とした。從つてこゝで (*) 印をつけた有効塩素量は 10cc 中の p. p. m である。

これらの実験結果から、寒天ゲルがその凝固力を失わない範囲で、漂白作用を受ける場合には、有効塩素量が或る限界を越すると共に、その吸光度〔D〕も亦増加する傾向が伺われる。又漂白工程中に塩素の局部濃度が、著るしく高い場合、寒天から不溶性の沈澱物が形成される気遣もあり得る。通常漂白操作を行う場合、引続いて水洗又は過剰塩素の中和等の操作を行わねばならないが、こゝでは塩素の作用を主にして観察したので、これ等の操作は行わなかつた。

6)　無機電解質の影響

一般に膠質は電解質の添加に依り凝析する。從つてこの事実も亦、ゲルの吸光度に影響を与える可能性が考えられる。それで比較的透明なゲルを与える第4•6表 (8) の寒天について、次の実験を行つた。即ち風乾物 1.5g に蒸溜水 150cc を加え、常法に依りゾル化し、濾過を行つた。このゾル 13cc づゝを、第4•10表に記載した無機電解質 0.5 ミリ当量を 1cc の蒸溜水に加え、予め加熱しておいた試験管中に分注した。対照は 1cc の蒸溜水を入れた試験管に 13cc の寒天

ゾルを加えた。いづれも5分間で80°C 加温、振盪した。室温で1晩放置し、常法に依つて吸光度〔D〕を測定した。測定温度は 15°C であつた。実験結果は第4•10表に表示した。

第 4•10 表

実験番号	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	対照	KCNS	KNO_3	KCl	K_2SO_4	$MgSO_4$	$Ca(NO_3)_2$	$CaCl_2$	$Al_2(SO))_3$	$FeCl_3$
〔D〕	0.28	0.47	0.49	0.52	0.54	0.52	0.52	0.54	0.71	1.30

尙対照に採つた寒天ゲルの濃度は 0.71% であつた。この実験結果をみると、無機電解質の添加に依つて、寒天ゲルの吸光度はいづれも増大している。特に凝析力の大きい3価の硫酸アルミニウム、塩化第二鉄の影響は著るしかつた。アルミニウム・鉄等の可溶性塩類は、稀溶液では加水分解して溶液の pH を低下させる傾向のある事、特に $Fe^{\cdots}$ の場合には、1% 以下の溶液が $Fe^{\cdots}$ より遙かに着色力の大きい Fe_2O_3 を生成[7][8]する事実も、この現象に関与するものと考えられる。

通常原藻より寒天質を抽出する際に、使用する鉄製容器は、従来漆で内面を焼付けして来た。未被覆の鉄面を寒天と接触させる事及び用水中に鉄分を含有する事等は、経験的に忌まれて来た。これらの事実も上記の事実結果から、了解できる。尙この場合、寒天質中には多くの硫酸基を構造の一部として持つているので、微酸性溶液中で $Fe^{\cdots}$ 等の多価イオンに対し、有機イオン交換体[9]としての作用も無視できないであろう。

第 4•11 表

実験番号			1	2	3	4	5	6	7
添加量 (mg)			0	0.5	2.5	5.	12.5	25.	50.
添加物質	KCl	〔D〕	0.27	0.29	0.31	0.37	—	0.47	0 50
	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$		0.27	0.35	0.54	0.75	1.0$_8$	1.2$_5$	1.3

次に第 4•10 表の添加物質のうち、KCl 及び $FeCl_3$ を採り、その添加量を変化させた場合の、吸光度をしらべた。試料寒天及びその実験条件は第4•10表の実験に準じて行つた。実験結果は第4•11表に表示した。

即ち塩類の添加量と共に、吸光度〔D〕は増加している。これ等の実験では、塩類の添加量が 5mg までは、添加量と吸光度は、直線関係にあるとみなせる結果が得られた。5mg 以上の添加量に対しては、吸光度の増加率は減少している。こゝで使用した寒天量は約 100mg と計算されるので、5% の塩類の添加が、吸光度に与える影響は、顕著である。この事実から、原藻の煮熟に先立つて行われる藻掏・水洗工程を丁寧に行う事が、煮熟工程に於て、過剰の酸を避け、製品ゲルの Cc/Cr の低下を防ぐと共に、無機成分等の可及的除去により、透明度の高いゲルを与える製品を得るためにも、有意義な事と考えられる。

次に第4•6表の各寒天試料について、その粗灰分を測定した。結果を無水寒天に対する百分率で表示すると、第4•6表粗灰分の項の様になつた。尙之等の粗灰分について、吸光度に影響の大きい、アルミニウム及び鉄等定量した。定量法は A. O. A. C 法[10]に準じ、$AlPO_4+FePO_4$ として表示した。分析結果は、無水寒天に対する百分率で示し、第4•6表 $AlPO_4+FePO_4$ の項の

数値を得た。

第4•6表の分析結果ではオゴノリを主要原藻とする寒天の粗灰分は、テングサを主要原藻とする寒天のそれ等よりも、一般に低かつた。天然寒天に比較して、人工寒天が低かつたとも云えよう。オゴノリ寒天のうち、試料 (7), (8), (9) 等は粗灰分含有率も概ね低く、その吸光度も亦小さい。然し試料 (1) の場合の様に、その粗灰分含有率が小さくても、その吸光度が著るしく大きいものもみられる。

アルミニウム・鉄の含有率は、燐酸塩の形で表示すると、0.5% 以下である。そのうち試料 (1), (7), (8), (9) 等の数値は比較的に大きい。

この4箇の粗灰分の色相を比較すると、(7), (8), (9) 等の色相は淡赤褐色を帯びていたが、試料 (1) はかなり濃い赤褐色を呈していた。この事から (1) は (7), (8), (9) 等の粗灰分より鉄の含有量が多いのではいなかと推定される。

試料 (1) 及び (7) について、その含有する鉄分を、ロダン塩として比色定量し[11][12]、その結果を $FePO_4$ の形で表現すると、それぞれ無水寒天に対して 0.21%, 0.06% となつた。即ち (1) の試料は、(7) のそれにくらべて、鉄分の含有率はかなり高く、前者のゲルの吸光度が、後者のそれより大きい原因の一部となることが了解できる。この様に試料 (1) との寒天が、鉄含有量について差を生ずるのは、両者の製造過程の相異に基く点も、多いと考えられる。

試料 (7), (8), (9) 等は煮熟・抽出した心太液の分離の際、常法に依る圧搾濾過後、2重濾布による自然濾過を行い、又脱水工程は単純な圧搾脱水法に依り、鉄面との接触は、全工程を通して比較的に少ない。他方試料 (1) の場合は、フイルター・プレスに依る心太液の分離法を採用し、脱水も電気滲透脱水法[13]に依り上部陰極には、広い面積の鉄板を使用する等、全工程の機械化に伴い、鉄面との接触がかなり多い。

尚この電気滲透法による脱水工程では、ゲルがその灰分の一部を失うと共に、酸性を呈し再び中和を要する傾向のある事は考慮を要する。

7)　濾過の効果

我国に於て生産される寒天の約9割は、戸外に於て心太の凍結・融解・乾燥等の諸工程が行われている。原藻煮熟後のゾルを濾別する際も、多くの場合、麻又は綿製の布目のやゝ微細な濾布を使用するにすぎない。即ちゾルに対する濾過効果は、布片よりも布目を充塡する藻体に、より大きい期待がかけられる。従つて心太中には、一般に原藻微細片・塵埃・硅藻・加水分解に伴う絮状沈澱物等を含み、製品の品位にも大きい影響を与えている。特に所謂一番煮と二番煮の濾液を、混合する製造過程を採るものでは、原藻微細片の混入は増加する。

近年漸く発展途上にある製造諸工程を機械化した所謂人工寒天製品では、濾過の程度もよく行われ、天然寒天製品に比較して、異物の混入はかなり少ない。然しゾルを肉眼観察すると、尚かなり浮游物が認められる。

第4•6表に示した寒天について、この事をたしかめてみよう。寒天風乾物1gを秤取し、100cc

の蒸溜水を加え、98°C, 60 分間加熱してゾル化させ，一部を採り、そのまゝ前記の試験管に分注凝固させたものを (a) とする。他は、予め濕湯で洗滌して紙繊維等を除去した厚手の東洋濾紙No. 26 で、保濕漏斗を用いて濾過し、(a) の場合と同じ様に試験管に分注、凝固させた。このものを (b) とする。(a), (b) 共に 1 晩放置後、室濕 (15°C) で吸光度〔D〕を測定して第4•12 表を得た。

第4•12表

試料番号 ＼ 吸光度〔D〕	(a)	(b)
(1)	0.70	0.60
(2)	0.66	0.40
(3)	0.48	0.48
(4)	0.46	0.40
(5)	0.43	0.34
(6)	0.42	0.36
(7)	0.41	0.38
(8)	0.34	0.29
(9)	0.25	0.23

即ち (1) の様な電気滲透脱水法による製品を除外すると、(3), (7), (8), (9) 等の所謂人工寒天製品は、(2), (5), (6) 等の天然寒天製品より、ゾルの濾過前後に於ける吸光度の差は概して小さい。即ちこの場合、肉眼で観察できる程度の比較的大きい浮游物は少ない。

又この事実から、濾過工程の良否が、製品ゲルの吸光度に大きく影響する事，及び戸外に於ける脱水乾燥工程の影響等も推察出来る。

8) ゲル水洗の効果

これ迄の実験結果から、寒天ゲルの吸光度は、無機塩類の存在によつて、増加する事が了解できる。従つてゲルの水洗等に依り、可溶性塩類の一部が除去されるならば、寒天ゲルの透明度は増加するものと考えられる。それで次の実験を行つた。

第4•6 表試料 (3) の試料について、常法に依り約1% の濾過ゾルをつくり (i), (ii) に 2 分した。(i) はその一部を蒸溜水 (90°C) で稀釈・攪拌して試験管に分注した。第4•13 表 (A) より (F) に至る一群の数値は、この様にして得られた。

次に (i) の残液はペトリー皿に流し、凝固させて 5～8mm の厚さに切り、蒸溜水中に 1 晝夜浸漬水洗した。その間初めは 90 分間毎に 3 回換水した。(G) はこの様にして水洗したゲルを、水切後試験管に移し、93°C 10 分間加熱溶解させ、1 晝夜放冷したものである。

第4•13表

	〔D〕	〔C〕%
(A)	0.54	1.00
(B)	0.56	0.98
(C)	0.34	0.75
(D)	0.32	0.74
(E)	0.22	0.51
(F)	0.23	0.50
(G)	0.26	0.60
(H)	0.25	0.60
(I)	0.56	1.21
(J)	0.57	1.19
(K)	0.35	0.78
(L)	0.30	0.72

(H) は (G) より更に 1 晝夜余分に水洗した後、(G) と同様に処理したものである。

濾液(ii) 92cc に可溶性塩類として、Na_2SO_4 (3.2%) 溶液 10cc を加温して加え、充分攪拌して試験管に分注・凝固させて (I), (J) をつくつた。(I), (J) の残液を凝固させ、先づ (G) の場合と同様に処理して (K) を得た。(K) を採つた残りのゲルから、30g を水切り秤取し、約 5 分間遠心分離機(バスケットの直径 24cm. 3.000 r. p. m) にかけると、約 15g に減量した。これに再び蒸溜水を加え、30 分間放置すると、再び約 30g になつた。これを水切し、これ迄の場合と同様に、試験管中で 98°C 10 分間加熱溶解させ 1 晝夜放冷したものが (L) である。(A) から (L) に至る諸試料について、吸光度〔D〕及びその

濃度〔C〕を測定し、第4•13表を得た。実験温度は 28～29°C であつた。

（A）から（F）に至る6箇の測定値から、濃度 0.50～1.00% の範囲では、

$$D=0.67C-0,13 \qquad (\alpha)$$

とみなして大過ないであろう。（G），（H）の様な実験条件で、寒天ゲルを水洗した場合、〔C〕=0.60 に対する〔D〕を、α 式から算出すると 0.27 となり、実測値との差は小さい。

この事は、こゝで使用した寒天が、その製造工程中凍結心太の融解過程で、微温湯水に依る融解と遠心分離機による脱水を行い、水溶性電解質及びソノリ質の含有量が比較的少ない点にも、その原因があると考えられる。

（I），（J）の見掛上の寒天濃度 1.21，1.19% 中には、添加した Na_2SO_4 が含まれているので、その影響を除くと、寒天濃度は 0.89% と算出される。この濃度に於ける吸光度は、（α）式より $D=0.47$ と計算され、実測値 0.56～0.57 よりは明らかに少ない。即ちこの実験例からも無機塩類の吸光度に及ぼす影響は、明らかに認められる。

（I）より（L）に至る4箇の測定値より、水溶性電解質を多く含むゲルを、水洗・遠心分離する場合、吸光度〔D〕と見掛上の濃度 C との関連を、近似的に一次式で示すと、

$$D=0.54C-0.08 \qquad (\beta)$$

の様になる。

（I）より（L）に至る実験例で、水洗工程によつて失われるものは、主に加えられた水溶性電解質と考えられる。即ち Na_2SO_4 を含む寒天ゲルは、浸漬中膨潤しながら Na_2SO_4 を失い、（β）の状態より（α）に近づく。この実験例では、0.38% で（α）•（β）両者は一致すると計算される。以上の実験結果から、寒天ゲルの水洗・圧搾脱水等の操作は、可溶性塩類の除去により、製品ゲルの吸光度の低下に効果があるものと考えられる。

寒天ゲルの吸光度を支配する諸条件は、複雑であつて、現在解明されていない点も多い。然しながらこれまでの諸実験から、

(1) 原藻の藻掏・水洗を充分に行う事

(2) 原藻の煮熟に当つては、未被覆の鉄器の Fe 及び Al 等を含む用水の使用を避ける事。

(3) 酸の過剰及び漂白の行きすぎを避ける事。

(4) 煮熟後の濾過は丁寧に行う事。

(5) 出来得れば心太ゲルの水洗を行う事。

(6) 脱水乾燥工程中に異物の混入を避ける事。

等は吸光度の小さい寒天ゲルを得るため、必要な諸条件のうちに含まれる。

寒天ゲルの濃度を、その吸光度を測定して知る事は、以上述べた様に、各寒天の製造履歴に依つて、両者の関係は異なるので、その適用は、同一系列と考えられる寒天のみに限定される。尚この際測定濃度範囲が広い場合には、Beer の法則からの偏差があるので、検量曲線の作成が必要である。

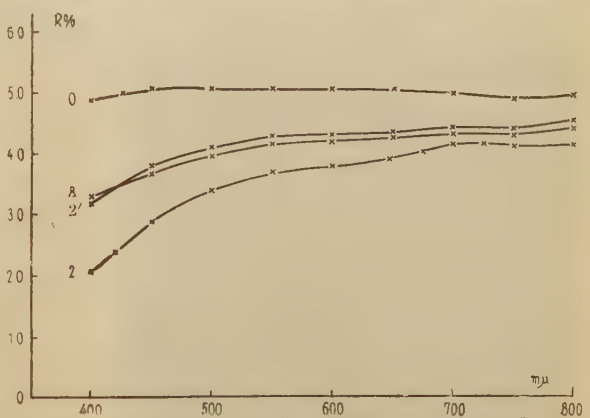
9) 寒天ゲルの分光分布曲線

試験管中に於て、凝固させた寒天ゲルは、一般に光の分散に依つて乳白色を呈している。

然しゲルに依つては、原藻中の色素に起因して、帯黄色を呈しているものもある。この帯黄色は、漂白剤の作用、酸の存在で加熱する事に依り、褪色して乳白色のゲルになる。尚この様な帯黄色のゲルは、一般に Cc/Cr の数値が大きいので、ゲルの識別上有力な手がかりとなる。寒天ゲルでは、光の分散が大きい。即ち入射光の一部は散乱し、受光側に達するものは減少している。従つてこの色を示すのに、吸収スペクトル法に依ると、見掛上の吸収量は、真の吸収量より大きい数値を与える。寒天ゲルの様に、光の吸収を散乱が同時に起る半透明ゲルの、色に関する標準測定法は、未だ定められていない様である。

著者は日立製 EPU-2 型分光光電光度計と、R-3 型反射積分球を組合せて、寒天ゲルの見掛上の分光反射率特性を測定した。

それに依り、肉眼観察の結果を、比較的よく表現できる様に思われるので、こゝに報告する。測定に使用した寒天試料は、第4•6表 (2) 及び (8) であつた。常法に依り、それぞれ濾過ゾルを作製した。これ等を附属の深さ 1c.m のセルに注ぎ、空気泡の形成を避けてカバー・グラスを掛け、放冷凝固させた。この様な試験片について、東洋濾紙 No.5C を背景に置き、酸化マグネシウムを標準として測定した。測定は一晩放冷させてから行つた。この際の試料 (2) 及び (8) のゲルの濃度〔C〕は、それぞれ 0.78%, 0.86% であつた。第4•1図中 (2), (8) の曲線はこの様にして得られた。次にセル中に蒸溜水だけを充し、同様にして曲線 (0) を画いた。肉眼観察の結果では、(2) の寒天ゲルは帯黄色を呈してその乳白程度も強く、(8) の寒天ゲルは純白色に近く、その乳濁の程度も軽い。この様な点は、反射率曲線に於て、(2) のゲルでは短波長部の反射率は長波長部のそれより低い事、(8) のゲルでは、波長に依る反射率に差は少ない事、又曲線 (8) の反射率は (2) のそれより高く、曲線 (0) に近づいている事等より伺われる。即ち (8) のゲルの様に吸光度の小さい透明なものは、背景の白色濾紙に依る反射も大きい。(2) の様に吸光度の大きい濁つたゲルは、入射光の一部は分散され、白色濾紙からの反射も少なく、各波長を通じて反射率は低い。(2)′ の曲線は次の様にして得られた。(2) の試料寒天 1g に蒸溜水を加え、膨潤させた後、寒天を流出させない様に注意して傾瀉した。之に、予め 0.1g の漂白粉を 100cc の蒸溜水に加えよく攪拌後濾過してつくつた清澄漂白液を、加えた。よく攪拌し、30分間20°C で放置した。充分水洗後曲線 (2) の場合と同じ様に処理して試験片をつくり測定した。測定温度は 20°C、ゲルの濃度〔C〕



第 4•1 図

は 0.65% であつた。(2) 及び (8) の分光反射率の測定の際の温度は 18～18.5°C で温度差は小さく、又水洗・漂白に於て寒天実質の減少は一応無視できる実験条件なので、(2) と (2)′ を比較する事が可能であろう。

漂白に依り、寒天ゲルの帯黄色が消失した事は、短波長部の反射率が、比較的に高く (8) と殆んど相似の曲線を画く事からも知る事が出来る。又曲線全体が蒸溜水の場合に近づく事からも、吸光度も減少して、水洗の効果もよく表現されていると考えられる。

寒天ゲルの様に、乳白現象を示すものについて、螢光現象は本質的に考えにくい。然し寒天ゲル中に、原藻に基因するクロロフイルの様な有機色素が、残在する場合も考えられる。この様な時には、ゲルが螢光を示す事も、一応考慮される。しかしながら、一般の製品ゲルについて、日立製螢光輻射計をつかつて実測してみると、螢光を認める事は出来なかつた。

10) 寒天ゲルのチンダル・スペクトル

一般にコロイド溶液のチンダル・スペクトルについては、その吸光度と測定波長の間に、次の関係が呈示されている。(14)

$$〔D〕=c\lambda^{n}$$

こゝで〔D〕は吸光度、λ は波長、c は常数、n は波長指数と云われる数値である。従来 n の変化と、コロイドの限外顕微鏡に依る観察結果から、n を計算してコロイド粒子の大小が推定される。即ち n の減少は、球状粒子では直径の増大を意味するものとされて来た。

最近ゼラチンに関する研究結果では、ゲルの光分散の中心は、溶液の場合と同じ様に、分子集合体 (aggregate) であると云われている。(15)

以上の研究結果をも考慮に入れて、寒天ゲルについて、その n の数値を測定結果から計算した。

実験は次の様に行つた。

第4・6表試料 (2), (4) 及び (8) の寒天を、それぞれ常法に依つて処理し、約1% の濾過ゾルをつくつた。実験条件に依つては、適当に稀釈後、厚さ 10mm の cuvette に注いで凝固させた。1 晩室温に放冷し、分光光電光度計に依つて 400mμ から 800mμ に亘り、その吸光度を測定した。この際の測定温度は 18.5°C であつた。実験結果、同時に測定したゲルの濃度〔C〕%, 及び算出した n の数値等は第4・14表に表示した。

第4・14表

波長 mμ	No. 2 〔D〕			No. 4 〔D〕			No. 8 〔D〕	
400	0.560	0.375	0.168	0.650	0.394	0.156	0.34	0.92
450	—	—	—	0.490	0.300	0.118	0.253	—
500	0.327	0.215	0.095	0.390	0.240	0.093	0.192	0.76
550	—	—	—	0.318	0.195	0.077	—	—
600	0.214	0.142	0.064	0.271	0.169	0.066	0.129	0.666
650	—	—	—	0.238	0.153	0.062	—	—
700	0.160	0.110	0.052	0.200	0.128	0.051	0.093	0.60
750	—	—	—	0.175	0.112	0.045	0.080	—
800	0.118	0.082	0.038	—	—	—	0.070	0.50
〔C〕%	0.87	0.58	0.30	1.05	0.71	0.36	0.86	0.86
n	2.2_2	2.1_2	2.1_0	2.0_0	1.9_2	1.9_4	2.2_1	0.8_1(*)

著者の実験例では、(*) 印の例を除くと、かなり性状の違う寒天ゲルでも、n の数値は大凡2であつた。又濃度に依る差も少なかつた。(8) の試料で (*) 印をつけた例は、次の様にして得られた。(*) 印をつけない例の寒天ゲル 20cc を秤取し、之に 0.1N H_2SO_4 0.2cc を添加した。之を 95°C で 60 分間加熱後 cuvette に注入放冷した。この試料は、1晩放置後長中の数値からも伺われる様に、著るしく白濁し、且流動性をも帯びていた。

通常見られる寒天ゲルの波長指数がほゞ2である事は、寒天ゲルを構成する分子集合体の直径、又はその長軸が、入射光の波長と対比できる程度の大きさを持つものと考えられる。[16]

即ち寒天分子集合体の直径（非球形の可能性が考えられるので、長軸の長さと云う方がより妥当かもしれない）は、この場合 10^3 内至 10^4 Å 程度の大きさを持つものと想像される。(8) (*) 例の様に、加水分解に依りゲルが崩壊して来た場合には、n の数値は通常のゲルにみられる数値2より更に小さくなつている点は注目される。この様な例では、波長に対する吸光度の従属性は小さく、寒天分子集合体の直径は更に増大しているものと思われる。

11) ゾルからゲルへの変化

寒天ゾルが冷却されてゲルに移行する際の、吸光度〔D〕と所謂「ジエリー強度」との関連をしらべた。

試料寒天は第4•6表 (8) の風乾物であつた。6g を秤取し、300cc の蒸溜水を加え、98°C 60分間加熱後、東洋濾紙 No. 26 で濾過した。濾過したゾルは5分間再加熱、充分振つて試験管に 25 cc づつ分注した。寒天濃度は実測すると 1.52% であつた。

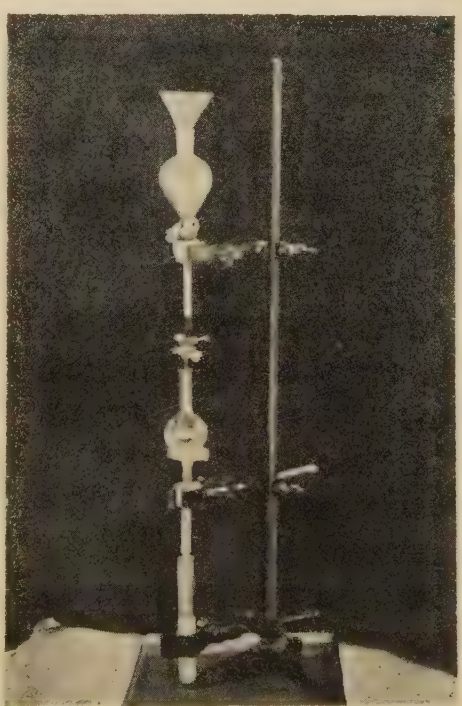
所謂「ジエリー強度」は Lipowitz 型の試験器[17]を改造して測定した。(第4•2図参照)

最低荷重 15g, 47g 以上の荷重は、毎秒 13g の割合で水銀を流下させて加重し測定した。寒天面に接する破挫軸の先端は球面で、曲率半径は 2.5 mm であつた。

「ジエリー強度」は試験管中の試料について、吸光度〔D〕を測定直後30秒以内にはかつた。実験中の室温は 20～22.5°C であつた。

実験結果を表示すると、第 4•15 表の様になつた。

この実験結果から知られる様に、ゾルは温度の低下と共にゲル化する。この際吸光度〔D〕及び「ジエリー強度」は共に増加し、一定値に近づいて行く。然し吸光度〔D〕の急激な増加現象は、「ジ



第4•2図　改造 Lipowitz 型「ジエリー強度」測定器

第 4•15 表

時間 min	管内温度 °C	吸光度 〔D〕	ジエリー強度 g	備　　考
0	63	0.045	測定不能	流動性
10	50	0.05	〃	〃
15	43	0.06	〃	粘稠度を増加する
20	40	0.09	≪15	凝固を初める
25	36.5	0.19	25	肉眼で白濁をみとめる
30	35	0.28	60	
35	32	0.32	170	
40	30.4	0.40	218	
50	28.2	0.43	257	
60	26.7	0.47	245	
90	24	0.50	260	
120	23	0.51	245	
210	22.5	0.53	273	
1440	21.	0.53	284	

エリー強度」のそれに先立つて起り、両者の間では、約 10 分間の時間的間隔がみられる。室温で実施した実驗、即ちゲル化が更に徐々に行われた場合では、この時間間隔は約 15 分間となつた。即ち寒天についても、ゼラチンの場合と同様に、ゲル化の完成に先立つて、かなりの程度に寒天分子集合体は大きさを増すものと思われる。この大きくなつた集合体が、相互に手をつなぐ事に依りゲル化は完成する。

この様に考えると、前節の実驗結果と相俟つて、ゾルからゲルに変化する時、後者が前者より著るしく乳濁する事が説明できよう。

ゾルからゲルに移行する際、寒天[18]、ゼラチン[19] 等はその容積を減少する事が知られている。Krishnamurti の原報には接する機会が得られなかつたので著者は第 4•6 表記載の寒天試料から若干をえらび、その容積変化を実測した。

測定装置はフラスコ型の dilatometer であつた。(第 4•3 図参照)。

材質は SB24 ガラスを使用した。球部容量は約 80cc。頸部は磨合せとし、管部外径は 7mm、管内は毛細管で毛細管半径は 1.0±0.1mm、管部の全長 20cm、その目盛部分の長さは、16cm、目盛は 1mm 間隔であつた。

磨合せ部分は上部で直径 13mm、気密と考えられたが尚シリコーン•グリースを塗布し、測定中の漏水に依る誤差を防止した。

第 4•3 図

内部全容積及び管部容積の検定を行つてから、最初予め煮沸、空気を追出した蒸溜水を満した。45±0.05°C の恒溫水槽中でメニスカスが一定になつてから、最上限の目盛に水位を合せ、2時間恒溫に保ち変化のない事を確めた。次に dilatometer を 30±0.02°C の恒溫水槽に移し、メニスカスが一定値に達してから尚2時間経過後その変化のない事を確めて読んだ。

蒸溜水を排除し、乾燥後寒天ゾルを満した。45°C の恒溫水槽中に於けるゾルの收縮は蒸溜水で補つた。蒸溜水の場合と同じ様にして、最上限のメニスカスを定め、次に 30°C の恒溫水槽中で1晩放置し、そのメニスカスを読んだ。この間毛細管部は濃度が稀薄なためゲル化しないが、球部のゾルはゲル化した。

この測定法は最善な方法とは思われないが、この方法に於ても、蒸溜水と、寒天膠質の收縮を

比較すると、寒天膠質の方がより多く收縮した。両者の收縮差を寒天ゾルがゲルに移行する際の容積收縮と一応みなし、初めの全容積に対する收縮率を計算した。

寒天ゾルは次の様にしてつくつた。寒天風乾物を 2.2g 110cc の蒸溜水に加え、98°C 60 分間加熱した。ナイロン濾布で濾過し、場合に依つては、熱蒸溜水で稀釈振つて dilatometer に注入した。

寒天濃度は收縮率測定後のゲルについて実測した。

実驗結果を表示すると第 4·16 表の様になつた。

第4·16表

試料番号	寒天濃度 %	收縮率 %
(1)	1.61	0.006
(1)	1.11	0.004
(2)	1.63	0.014
(2)	1.26	0.004
(3)	1.21	0.003
(4)	1.50	0.006
(8)	1.61	0.007
(8)*	1.42	0.006
(9)	1.47	0.009

(8)* は加熱前 110cc の寒天懸濁液に 0.1N 硫酸 1.1cc を加え、前記の条件で加熱処理したものである。

寒天ゾルがゲル移行する際に、認められる事をまとめてみると、次の様になる。

(1) 收縮率は比較的小さい数値を示す。

(2) 製品の種類に依り、即ち製造履歴に依り異なる数値を与える。

(3) 同一寒天では濃度の低い方が小さい收縮率を示す。

(4) 收縮率はこれ等の実驗結果では、第 4·6 表 pH の項を参照して考えてみると、寒天膠質の pH とは大きい関連があるとは思えない。

寒天ゾルがゲルに移行する際に、その容積を減少する事は、寒天分子の集合に大きく依存するとも考えにくい。その理由としては、先に著者が行つた「酸の及ぼす影響」の項にみられる結果から、分子の集合は pH に大きく依存するのに、この実驗の (8), (8)* にみられる様に容積の減少と pH とは関係がみとめにくい事、更に Freundlich[20] が述べている様に methyl cellulose の水溶液がゾルからゲルに移行する際、その容積を増す事等が挙げられる。

この様な容積の減少は、寒天分子の水和の増加に依る部分もあるのではあるまいか。

この場合水和した水は、寒天粒子の及ぼす引力に依り、周囲の未結合の水より、その密度は大きいと予想される。即ち寒天粒子周辺の水和水と、粒子間に存在する自由水との密度のゆらぎは、ゾルの場合よりもゲルでは大きいと考えられる。從つてゾルよりゲルが、光の透過度の減少する原因は、寒天分子集合体が、その大きさを増すと共に、この様な水和による密度のゆらぎに基因する光分散も、考えねばならぬと思われる。

寒天ゲルの濁りの原因について、その輪郭を伺う事が出来たが、更にその寒天分子集合体の大きさを増加させる現象についても考えてみよう。

寒天分子を高分子電解質として取扱つた場合、その構造中には多くの硫酸基等を持ち、電気泳動及びコロイド滴定等の結果からも、寒天膠質は負コロイドと考えられる。それで酸又は陽イオンの価数の大きい塩類等を添加したとき、負コロイドの荷電消去効果も亦、大きいと期待される。この事は寒天分子集合体の凝集を更に容易にするものと思われる、「酸の及ぼす影響」、「無機電解

質の影響」等で述べた様に、寒天製造工程中に加えられた酸、用水又は製造装置に起因するFe…等の、ゲルの濁りに及ぼす影響の顕著な点等は、この様な現象と関連するものと考えられる。

12) 総　　括

以上の結果をまとめてみると、

(1) 寒天ゲルの吸光度は、その銘柄によつて著るしい相違がみられる。

(2) 寒天ゲルの濃度〔C〕が 0.2～0.8% の範囲では、吸光度〔D〕との間に実用上、

$D=aC-b$　〔a, b はゲルの調製条件が一定ならば各寒天に個有な恒数で比較的小さい。〕

の関係がみられる。

濃度範囲が更に広い場合には、Beer の法則からの偏差は無視出来ない。

従つて寒天ゲルの吸光度からそのゲルの濃度を知る事は、検量曲線の作成が前提として必要である。

(3) 寒天ゲルの吸光度は、寒天の製造履歴に依つて大きく影響される。

吸光度の小さい、即ち透明感の大きい寒天をつくる必要条件として、

(a) 原藻の藻塩水洗を充分に行う事。

(b) 原藻の煮熟に当つては、未被覆の鉄器の使用を避ける事。用水には多価金属の含有量の少ない事。

(c) 酸の過剰及び漂白の行きすぎを避ける事。

(d) 煮熟後の濾過は丁寧に行う事。

(e) 出来得れば心太ゲルの水洗を行う事。

(f) 脱水・乾燥工程に異物の混入を避ける事。

等が考えられる事を示した。

(4) 寒天ゲルの様に、光の吸収と散乱が同時にみられる半透明体の色相の表現、濁度の表示についても、分光反射率の測定が有効な事を示した。

(5) 寒天ゲルのチンダル・スペクトルの測定結果から、ゲルの寒天分子集合体の大きさを推論した。

(6) 寒天ゾルからゲルへの変化過程に於ける吸光度、ジェリー強度の変化及び容積収縮率等を測定した。

その結果からゾルよりゲルが著るしく乳濁する機構について、

(a) 寒天分子集合体の大きさは、ゾルよりゲルでは大きい事。

(b) 寒天分子集合体の増大は、ゲル化の完成に先立つてかなり進む事。

(c) ゲルの乳濁には、寒天分子集合体の水和も関与すると考えられる事。

等を述べた。

第5章　寒天ゲルの融点について

寒天ゲルの融解温度については、柳川・西田[1]、板野・辻[2]、井川・冲田・相沢[3]等の諸氏に

依る報告がある。

例えば板野•辻両氏は数種の寒天をえらび、その 1.5%, 2.%、ゲルの融点を測定し、その品質と融解点 (°C) の関係を、第5•1 表の様に表示している。

第5•1表

寒天濃度	1等品	2等品	3等品	普通品	精製品	メルク製品
1.5%	74.5	81.5	76.0	78.9	81.0	71.0
2.0%	79.0	82.3	79.5	81.7	83.0	74.6

即ち従来の表示法に依る品質とそのゲルの融点との関係は認め難い。

著者はゲルの融点について再検討を加え、若干の新らしい知見を得たのでこゝに報告する。

1) 試　　料

第5•2表

	Cc/Cr	*Cr. s.*	pH(10°C)
(A)	1.67	0.99	7.0
(B)	1.49	1.24	6.9
(C)	1.37	1.06	6.7
(D)	1.19	1.08	6.6
(E)	1.02	1.48	6.5
(F)	0.87	1.16	6.4
(G)	0.94	0.95	5.6

試料として用いた寒天は7種である。これらの寒天から、これ迄記載の方法[4]によつて得られた寒天ゲルの性状は第5•2表の様である。表中 *Cc/Cr, Cr. s.* の各項は、標本平均値を記載した。

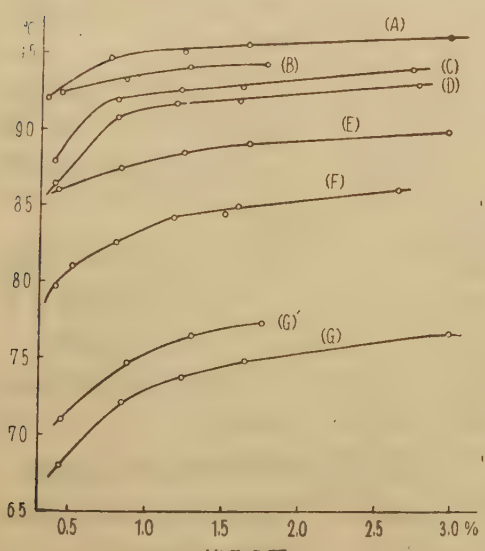
(A), (B), (C), (D), (E), (F) の各寒天ゲルの *Cc/Cr* の差は有意であつた。

(F) と (G) については (G) の方が (F) よりも大きい。$(\bar{x}-\bar{y})/w=2.24>tc=2.13$ *Cr. s.* の項は寒天によつてはかなり差がみとめられる。

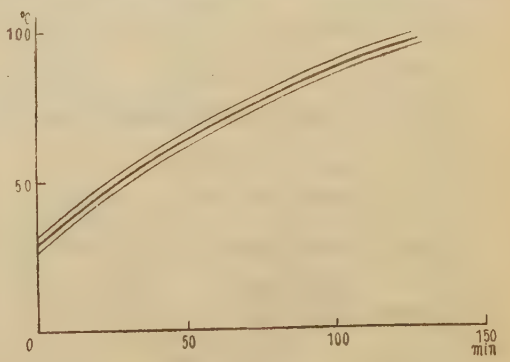
次にこれらの各寒天を 1g 三角フラスコに秤取し、50cc の蒸溜水を加え、密栓して時々振つた。2時間室温 (7°C) に放置した後、ガラス電極でその上澄液の pH を測定した。実験結果は第 5•2 表 pH の項に記載した。

2) 融点測定法

風乾寒天 2g を三角フラスコに秤取し、100cc の蒸溜水を加えた。98°C, 60min 加熱後、ナイロン濾布 (#501) を用いて濾過した。次に濾液を熱水で稀釈振盪して所要の濃度にした。この様に調製した溶液を、外径 13mm、内径 11mm、長さ 150mm の栓付試験管に 5cc づつ注入し、栓をして1晩室温 (2～12°C) に放置した。他方残りの部分についてその濃度〔*C*〕を測定した。この様



第5•2図



第5•1図

第5•3表

A_1	[C]%	2.98	1.65	—	—	1.22	0.74	0.33	—	—
	mp°C	96.2	95.3	—	—	94.6	94.6	91.7	—	—
		—	—	—	—	95.3	94.8	92.3	—	—
A_2	[C]	—	—	1.63	1.25	—	—	—	—	—
	mp.	—	—	95.7	95.1	—	—	—	—	—
		—	—	95.8	95.4	—	—	—	—	—
B	[C]	1.77	1.26	0.84	0.42	—	—	—	—	—
	mp.	93.7	93.5	92.7	91.7	—	—	—	—	—
		93.8	93.6	92.8	92.1	—	—	—	—	—
C_1	[C]	2.73	1.62	—	—	1.19	0.80	—	—	0.38
	mp.	93.9	92.7	—	—	92.6	91.8	—	—	88.0
		94.1	92.9	—	—	92.8	92.1	—	—	—
C_2	[C]	—	—	1.60	1.21	—	—	0.78	0.39	—
	mp.	—	—	92.7	92.5	—	—	91.7	87.7	—
		—	—	92.7	92.6	—	—	91.9	87.9	—
D_1	[C]	2.77	1.60	—	1.19	—	0.79	0.39	—	—
	mp.	92.7	91.8	—	91.7	—	90.7	85.3	—	—
		93.3	92.0	—	91.9	—	90.7	86.5	—	—
D_2	[C]	—	—	1.58	—	1.16	0.79	0.39	—	—
	mp.	—	—	91.9	—	91.6	90.9	87.1	—	—
		—	—	91.9	—	91.8	90.9	87.9	—	—
E	[C]	2.97	1.66	1.23	0.82	0.41	—	—	—	—
	mp.	89.7	88.9	88.3	87.3	85.9	—	—	—	—
		89.9	89.1	88.5	87.5	86.1	—	—	—	—
F_1	[C]	2.64	1.59	—	1.17	0.79	—	—	0.40	—
	mp.	85.9	84.8	—	84.1	82.2	—	—	78.6	—
		86.0	84.9	—	84.2	82.5	—	—	78.7	—
F_2	[C]	—	—	1.50	—	0.79	0.74	0.51	—	—
	mp.	—	—	84.3	—	82.8	82.3	80.9	—	—
		—	—	84.5	—	82.8	—	81.1	—	—
G	[C]	2.98	—	1.64	—	1.23	—	0.84	—	0.44
	mp.	76.4	—	74.7	—	73.5	—	71.9	—	67.7
		76.9	—	74.9	—	73.9	—	72.3	—	68.3
G′	[C]	—	1.75	—	1.29	—	0.87	—	0.45	—
	mp.	—	77.2	—	76.4	—	74.7	—	70.9	—
		—	77.2	—	76.4	—	75.1	—	71.1	—

な条件でつくられた試験管から、栓をとり 30°C の攪拌器付水槽中で倒立固定させ、第5•1 図実線の加熱条件で、漸次溫度をあげてゆき、ゲルが融解落下した溫度を融点とした。加熱条件を嚴密にこの曲線上にのる様に行う事は、実際には困難であり、細線の範囲内にある様にした。

実驗結果は第5•3表及び第5•2図の様になつた。

即ち A_1, A_2; C_1, C_2; F_1, F_2 等はそれぞれ同一寒天から、日をかえて試験用ゲルをつくり、測定を行つたものである。

これ等の測定結果から、次の事が導かれる。

1)　この融点測定法の再現性は悪くない。特に濃度の比較的高い方がよい様に考えられる。

2)　各寒天ゲルを通じて、濃度が上昇すると共に、そのゲルの融点は高くなつている。

3)　同一寒天ゲルであると、1% 以上の濃度になると、その濃度が多少変つても、融点には大差は認められない。

4)　同一濃度であれば、Cc/Cr の大きい寒天ゲルの融点は一般に高い。

5) ゲルの融点と *Cr.s.* 項の関連は、*Cr.s.* が大きい場合濃度による融点の差は小さい。

3) 寒天浸出液の pH 及びゲルの *Cc/Cr* との関連

寒天浸出液の pH とそのゲルの性状については、既報の実験結果[5]から、同一寒天に対して、煮熟前の上澄液の pH が 5.6 以下である事は、ゲルの *Cc/Cr* の低下を招く事が知られている。本報で取扱つている寒天のうち、寒天 (G) の上澄液 pH が 5.6 で、他の寒天に比較して著るしく低い。

寒天の種類は異なるが、これ等の寒天相互間でも、その浸出液の pH の小さい寒天では、そのゲルの *Cc/Cr* の数値も亦小さかつた。

寒天ゲルの *Cc/Cr* はその寒天の加工処理の履歴を示すものと考えられるので、既に原藻よりの抽出及びその後の処理工程等で低下したゲルの *Cc/Cr* が、pH を高め中性に近づける事に依り、再び増加する事は考えにくい。

然し煮熟に当り、この様に pH を補正する事に依り、ゲルの *Cc/Cr* が更に低下するのを抑制する可能性は考えられる。

それで浸出液 pH が (A) より (F) に至る寒天より低い (G) の寒天を用い次の実験を行つた。

即ち Sörensen 氏燐酸塩 (M/15) 緩衝液 (pH 6.96) 5cc を蒸溜水 95cc で稀釈し、(G) の風乾寒天 2g を加えた。上澄液の pH 実測値は 7.0(14°C) であつた。(A) より (G) の実験例と同じ様に処理測定して第5•3表 (G′) の表値を得た。表中濃度〔*C*〕の数値は燐酸塩濃度を計算差引補正した。(G) と (G′) の表値から、同一濃度〔*C*〕に対する融点を求めると、(G′) の方は約2.5°C, (G) より高かつた。これは煮熟前の pH 5.6 を 7.0 にあげる事に依り、その後の膠質の加水分解が低減した結果と考えられる。

然し (G′) の場合のゲルの性状は脆弱であり、1.5% 濃度を仮に実用上の標準として考えると、その融点は 80°C に達していない。

それで浸出液 pH も他とかけ離れて低く、又ゲルの性状 *Cc/Cr* も小さい (G) を除外し、他の (A) より (F) に至るの寒天について、それぞれ第5•3表の濃度〔*C*〕項の数値に *Cr.s.* の数値を乗じ、*Cr.s.* =1 の寒天 1.5% に於けるゲルの融点を計算すると第5•4表の様になる。

第5•4表

Cc/Cr	m.p. °C(*Cr.s.* =1 〔*C*〕=1.5%)
1.67	95.5
1.49	93.5
1.37	92.7
1.19	91.9
1.02	88
0.87	84

これから *Cc/Cr* と融点 (*t*°C) との関係式を求めると、近似的に次の様に表現できる。

$$t°C_{(1.5\%)} = 10.6 \log(Cc/Cr - 0.8) + 95.7$$

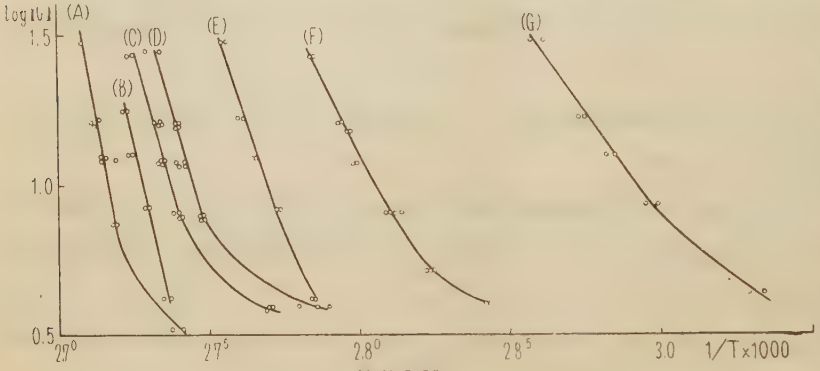
以上の結果から、ゲルの融点を測定する事に依り、間接的ではあるが、ゲルの *Cc/Cr* を推定できる。

4) 寒天ゲルの融解に要する熱量

熱可逆性ゲルについて Eldridge 及び Ferry[6]は、その Cross-linking を解く際の反応熱 $\Delta H°$ と濃度 *C* 及びゲルの融点 *T* との間には次の式が成立する事を示している。

$$\log_{10}C = \frac{\Delta H^\circ}{2.303RT} + \text{const}$$

こゝで C は g/L, T は絶対温度、R は瓦斯恒数である。従つて $\log C$ を縦軸に、$1/T$ を横軸に採ると、その直線部分の傾斜から、ΔH° が計算できる。各寒天について第5•3表から、$\log C$ と $1/T$ の諸数値を算出図示すると、試料(A),(C),(D),(F),(G)等では約0.8%以上、試料(B)及び(E)では約0.4%以上の濃度範囲で $1/T$ との間に直線関係が成立するとみなし得た。(第5•3図参照)



第5•3図

第5•5表

	$-\Delta H^\circ$ Kcal/mol
(A)	2.6×10^2
(B)	$1.9\times$ 〃
(C)	$1.8\times$ 〃
(D)	$1.7\times$ 〃
(E)	$1.4\times$ 〃
(F)	$1.0\times$ 〃
(G)	$0.7\times$ 〃

第5•5表の数値はこの様にして計算された。

5) 総　　括

これまでの実験結果をまとめると次の様になる。

(1) 寒天ゲルの濃度が上昇すると、その融点は高くなる。

(2) 同一寒天ゲルであると、1% 以上の濃度では、その濃度が多少かわつても、融点の変化は比較的小さい。

(3) 同一濃度であれば、Cc/Cr の大きい寒天ゲルの融点は高い。

(4) ゲルの融点と $Cr.s.$ 項の関連は、$Cr.s.$ が大きい場合、濃度による融点の差は比較的小さい。

(5) 以上の結果から、ゲルの濃度と融点を測定する事に依り、ゲルの Cc/Cr, $Cr.s.$ を間接的に推定できる。

(6) 寒天浸出液の pH が小さい寒天では、そのゲルの Cc/Cr の数値が大きいものはなく、且つ融点も亦低い。

結　　言

本稿に於て著者は、新らしい寒天ゲルの性状分析法を提案した。その応用により製造各工程に於ける性状の変化の程度を知る事、従つて任意の性状の寒天ゲルを製造する方針を明らかにした。

次に寒天中に含まれる硫酸定量の意義、硫酸量及び塩基度等と原藻並びに寒天等の関連を論じた。その結果、寒天の純度と全硫酸量がかなり高度の逆相関を示す点、原藻塩基度測定が、従来化学的に不明であつた原藻煮熟時の適正酸量の決定に pH 等と共にかなり有力な参考事項となり

得る点等が注目された。

更に寒天ゲルの濁りと製造履歴との関係、又吸光度の小さい寒天ゲルを得るための必要条件、寒天定量に対する比濁法の適用限界等についても検討を行つた。

なほ寒天ゲルの融点測定の結果から著者のゲルの性状を推定し得る事を示した。

本研究が寒天に関する化学、特に原藻及び寒天の品位分析法並びにその製造法に対する知見に寄与する事が出来れば幸甚である。

参　考　文　献

緒　　論

(1) Choji Araki : The Memoirs of the Faculty of Industrial Arts, Kyoto Technical University, Science and Technology, **2**(B) 17. (1953).
(2) 柳川鉄之助：大工試 **14** (5) (1933).
(3) C.K. Tseng : Sci. Monthly : **59** 37 (1944).
(4) E. J. F. Wood : Council for Sci. & Ind. Research. Bull. No. 203, (1946) Australia.
(5) Pharmacopeia of U. S. XIII. 18

第　1　章

(1) 西村寅三：水講報 **9** (3) 18 (1913).
(2) 柳川鉄之助・西田義郎：大工試 **11** (14) (1930).
(3) 山崎金五郎・高田重之：科学と工業 **6** (10) 5 (1931).
(4) 板野新夫・辻　康彦：農化 **13** 236 (1937).
(5) 立野新光・田村健二・沖田新一：日寒水組報。寒天に関する研究。(第1報)。(1941).
(6) S. E. Sheppard, S. S. Sweet, J. W. Scott : Ind. Eng. Chem. **12** 1007 (1920).
(7) S. E. Sheppard, S. S. Sweet. J. A. C. S. **18** 539 (1921).
(8) 平野　弘：日化 **63** 345 (1942).
(9) 谷井　潔：東北水研報 **2** 137 (1953).
(10) 増山元三郎：小数例の纏め方と実験計画の立て方 36 (1949).
(11) 谷井　潔：日水産 **15** 397 (1949).
(12) 谷井　潔：東北水研研報 **2** 135 (1953).
(13) 増山元三郎：実験計画法大要 **14** (1948).
(14) 谷井　潔：東北水研研報 **2** 139 (1953).
(15) 〃　〃　〃 141 (1953).
(16) 〃　日水産 **16** 115 (1950).
(17) 木村金太郎：寒天に関する調査報告 150 (1917).
(18) 谷井　潔：東北水研研報 **2** 144 (1953).

第　2　章

(1) W. G. M. Jones, S. Peat : J. Chem. Soc. 225 (1942).
(2) E. G. V. Percival, T. G H. Thomson : J. Chem. Soc. 750 (1942).
(3) V. C. Barry, T. Dilton, W. Mcgettrick : J. Chem. Soc. 183 (1942).
(4) 緒　論 (1)
(5) C. Neuberg, H Ohle : Biochem. Z. **125** 131 (1921).
(6) M. Samec, V. Isajevic : Kolloid. Z. Beih. **16** 285 (1922).
(7) F. Fairbrother, H. Mastin : J. Chem. Soc. **123** 1412 (1923).
(8) 高橋栄治・白浜　潔：農化 **7** 702 (1931).
(9) 緒　論 (2)、日水産 **10** 163 (1941). 同誌 **17** 305 (1952).

(10) 緒　　論 (2)
(11) 緒　　論 (1)
(12) 加藤多喜雄：日化 **47** 486 (1926).
(13) 中山　毅：日化 **47** 195 (1926).
(14) 斎藤平吉：東北大理科報告 **16** 50 (1927).
(15) 菊地末太郎：日化 **49** 289 (1928).
(16) 荒木長次：日化 **58** 1085 (1937).

第 3 章

(1) 緒　　論 (2)
(2) 井川正二郎・沖田新一：日寒水組報告 **6** (1942).
(3) 井手正夫：衛化 **5** 277 (1933).
(4) 第 1 章 (17)
(5) 柳川鉄之助：大工試 **17** [6] (1936). 日水学 **6** 275 (1938).
(6) I. V. Kizevetter : Bull. Pacific Sci. Inst. Fish. &Oceano. (U. S. S. R) **13** 29 (1937).
(7) 舟木好右衛門・小島良夫：日水学 **16** 43 (1951).
(8) 谷井　潔：東北水研研報 **2** 145 (1953).
(9) 第 2 章 (16)
(10) 第 2 章 (13)
(11) 谷井　潔・絹巻　丞：東北大非水化研報告 **4** (2) 135 (1954).
(12) A. O. A. C. : Sect. 6. 12 (1950).
(13) 谷井　潔・大竹茂夫：日水学 **15** 620 (1950).

第 4 章

(1) 宮地憲二：応用黴菌学 p. 48 (岩波書店 1948).
(2) K. Krishnamurti. : Pro. Roy. Soc. (A) **122** 76 (1929).
(3) 第 2 章 (7)
(4) S. Basu, A. K. Sircar : J. Coll. Chem. **6** 574 (1954).
(5) 第 3 章 (13)
(6) 谷井　潔：東北水研研報 **2** 142 (1953.
(7) J. W. Mellor : A comprehensive treatise on inorganic and theoretical chemistry, **14** 56 (1935).
(8) Von The Svedberg : Kolloid Z. **4** 168 (1909).
(9) R. Kunin : Anal. Chem. **21** 87 (1949).
(10) A. O. A. C. Sect. 6. 6 (1950).
(11) J. T. Woods, M. G. Mellon : Anal. Ed. **13** 551 (1941).
(12) C. A. Peters, C. L. French : Anal. Ed. **13** 604 (1941).
(13) 海藻高度利用工業化試験報告第1集 p. 1 (1951). 水産庁
(14) W. Heller &E. Vassy : J. Chem. Phys. **14** 565 (1946).
(15) H. Boedtker, P. Doty : J. Phys. Chem. **58** 969 (1954).
(16) H. B. Bull : Physical Biochemistry 276 (1951). New York
(17) 第 1 章 (2)
(18) K. Krishnamurti : Current Science **2** 35 (1934).
(19) E. Heymann : Trans. Faraday Soc. **31** 859 (1935).
(20) H. Freundlich : J. Phys. Chem. **41** 901 (1937).

第 5 章

(1) 第 1 章 (2)
(2) 板野新夫・辻　康彦：農学研究 **30** 332 (1938).
(3) 井川正二郎・沖田新一・相澤助一：日寒水組報告 **4** 33 (1942).
(4) 谷井　潔：日水産 **13** 245 (1948).
(5) 第 1 章 (18)
(6) J. E. Eldridge, J. D. Ferry. J. Phys. Chem. **58** 992 (1954).

サメのビタミンAに関する研究※
第3報 A眞値及び遊離，エステル両型ビタミンAについて

山村彌六郎・武藤清一郎

STUDIES ON VITAMIN A IN THE SHARK
III. ON THE TRUE VALUE AND FREE AND ESTER FORM OF THE VITAMIN A

By

Yarokuro YAMAMURA and Seiichiro MUTO

1. The true value of vitamin A of the dog fish (*Squalus suckleyi* G.) liver oil and the visceral oil of the oil sôle (*Athresthes evermanni* T. & S.) were estimated by Fujita and Aoyama's method[6]. As seen in Table 1, the ratio of the true value of vitamin A of the dog fish liver oil to the apparent value of it averaged 77 per cent.

It seems that the ratio differs by the oil extraction procedure from 70 per cent for the alkali digestion method to 97 per cent for the trypsin digestion method, while the average ratio of the alkali digested visceral oil of the oil sôle was 87.3 per cent.

2. Free and ester form vitamin A of the dog fish, the blue shark(*Prionace glauca* (LINNÉ)), the salmon shark (*Lamna cornubica* (GMELIN)), the coral rock fish (*Sebastodes flammeus* JORDAN & STARKS) liver oil and the liver and visceral oil of the oil sole were estimated mainly by Fujita-Aoyama's method[8] and partly by Embree-Kuhrt's method[7]. The results are as summarized in Table 2. From Table 2 it was found that the vitamin A existed in ester form more than 99 per cent in the dog fish liver oil, 90 per cent in both the blue shark and the salmon shark liver oil, and 85 per cent in the visceral oil of the oil sôle.

3. The homogenate of black and white livers of the dog fish were extracted several times with ethyl ether and the ratio of free and ester form of vitamin A in each extracted fractions were evaluated and tabulated in Tables 3 & 4. From Tables 3 & 4, it will be seen that during the progress of the extraction, the ratio of free vitamin A increases and the ester form vitamin A decreases *vice versa*. The Iodine value of these fractions gradually decreased.

4. It was also found that both forms of vitamin A in the floating oil and in the

※ 東北海区水産研究所業績 第92号

residual oil which were generated from the black liver of the dog fish by boiling with water, were estimated to contain tne free form of vitamin A more abundantly in the residual oil than in the floating one (Table 5).

5. From these experiments, it will be deduced that the vitamin A in the fish liver may exist in ester form by more than 90 per cent, and the majority of them are dissolved in oil globules, while the free form vitamin A may exist in association with the protein of the liver tissue.

1. アブラザメ他二三の魚種のA真値の定量

肝油の不鹸化物中にはビタミンA及び非A物質が存在していて、この非A物質の内容については第2報に於て報告したところである。

肝油のAを定量する場合に、紫外部の吸収を測定する方法でも、Carr-Price[1]反応やGDH[2]法或は螢光法[3]による場合でも、いずれにしても非A物質の影響による定量上の誤差を多少ともまぬがれない。すなわち、肝油中のA濃度が高い場合にはその影響は比較的少ないが、A濃度が低い場合には非A物質の影響が大きく現われ眞のA値を与えない。

Morton-Stubbs-Oser[4]の補正法はこの非A物質の影響を除くために考案されたもので、肝油の取引上採用されているが、この補正法の根拠は、非A物質の325, 310, 334mμの3点における吸光係数が略々一直線をなすという仮定の上に立つている。併し、この仮定は必ずしも確実なものではなく、屢々一直線をなさない場合があるので、Gridgeman[5]等は眞のA値を求めるにはクロマトグラフによつて眞A画分を捉えてこれを定量するのが最も確実であることを提唱している。併しこの方法にもクロマトグラフに長時間を要しその間ビタミンAの著しい損失があるという欠点があつた。

藤田・青山[6]はこの欠陥をなくし、クロマトグラフによりA画分を迅速確実に分離定量する方法を研究し、ブリ・カツオ・クジラ等の肝油について見かけ上のAと眞Aとを定量した。著者らは氏等の方法に従つてアブラザメ肝油のA眞値を種々の採油条件のものについて定量し、またアブラガレイ内臓油についても比較したのでその結果を報告する。

〔1〕 A眞値の定量法（直接法）

原　理　肝油を鹸化してエステル型Aをすべて遊離型に導き、これを含む肝油不鹸化分を活性化の弱いアルミナのクロマトグラフにかけ遊離型画分を捉え、GDH法または Carr-Price (C.P.) 法によつてA眞値を測定するにある。

展開に要する時間は3～4分に過ぎない。

〔2〕 結　果

この方法により、採油法及び単位の異なるアブラザメ肝油並にアブラガレイ肝油及び内臓油についてA眞値を定量すると第1表に示す通りである。

第1表に見るように、アブラザメ肝油ではアルカル消化油・トリプシン消化油・三元共沸油*の場合について $\frac{\text{眞A}}{\text{見かけ上のA}}\%$ の平均は 77% であり、トリプシン消化油が最も高く(97%)、三元共沸油がこれに次ぎ (84.5%) アルカリ消化油 (71%) 及び浮上油(73%)は概して低い傾向であつた。このように同じアブラザメ肝油でも——単位はそれ程変らないのに——採油法によつて A 眞値の割合が可なり著しく違うことが観察されるが、若しこれが普遍的の事実とすればトリプシンで肝臓を消化させて肝油を採油する方法などは優れた採油法といえよう。併し今回のデータからは必ずしも断言は出来ない。

第1表　アブラガレイ及びアブラザメ肝油の A 眞値

試料油	見かけ上の A	Ratio 310mμ	Ratio 334mμ	眞 A	眞A/見かけ上のA %	
	I.U /g			I.U. /g		
アブラザメ肝油	36,100	—	0.583	—		
(アルカリ消化油)	24,400	—	0.601	16,400	67.5	
〃	23,000	0.906	0.875	14,700	63.8	
〃	27,200	0.885	0.875	20,500	75.4	
〃	29,600	0.898	0.880	24,400	82.6	71%
〃	20,300	0.900	0.874	11,400	56.3	
〃	28,000	0.880	0.879	21,750	77.5	
〃	27,000	0.876	0.877	20,200	74.8	
(浮上油)	7,700	0.787	0.578	—		
〃	5,500	0.890	0.876	3,930	71.5	73%
〃	5,760	0.882	0.876	4,300	74.6	
(トリプシン消化油)	10,100	0.891	0.588	—		
〃	9,500	0.897	0.875	8,950	94.0	97%
〃	10,060	0.890	0.872	10,020	99.5	
(三元共沸油)	8,310	0.934	0.575	—		
〃	7,030	0.908	0.860	5,950	84.5	
平均					77.0%	
アブラガレイ						
(内臓油)	192,200	0.875	0.582			
〃	175,000	0.886	0.860	159,000	91.1	
〃	160,000	0.882	0.871	134,000	83.5	
平均					87.3%	

アブラガレイ内臓油の眞 A の見かけ上の A に対する割合は 87.3% であつた。

2. 遊離・エステル型 A の定量

〔1〕 定 量 法

肝油の遊離型及びエステル型ビタミン A の定量法には Embree-Kuhrt[7] の方法と藤田・青山[8] の方法とがあるが、ここでは藤田・青山法を主として用い、一部を Embree 等の方法によつて定量した。

原 理 (藤田・青山の方法)

活性化の弱いアルミナを用い鹸化しない肝油をクロマトグラフにかけるとエステル型 A は石油ベンジン (PB) ですみやかに管外に出てしまい、遊離型 A はベンゼン (BZ) または 20%アセトン—PB で溶出される。それでそれぞれを別々に試験管にとつて GDH 法または C.P. 法で定量する。

〔2〕 結 果

* 東：特許第 128574 号 (昭和 13 年)；東秀雄著魚粉及魚油 (昭和 24 年) 117 頁を参照。

このようにして著者等はアブラザメ肝油（浮上油・アルカリ消化油・トリプシン消化油・エーテル抽出油・三元共沸油）、ネズミザメ肝油、ヨシキリザメ肝油、アブラガレイ肝・内臓油及びメヌケ肝油等について遊離及びエステル型Aを定量して第2表に示すような結果を得た。

第2表　アブラザメその他二三の肝油の遊離及びエステル型A

試料	総A	エステル型	遊離型	遊離型総A	備考
	I.U./g	I.U./g	I.U./g	%	A.V.
アブラザメ					
（浮上油）	5,693	5,620	73	1.3	0.59
（アルカリ消化油）	9,900	9,840	60	0.6	0.40
（トリプシン消化油）	9,076	9,050	26	0.3	4.42
（エーテル抽出油）	8,944	8,850	94	1.5	—
（三元共沸油）	7,284	7,240	44	0.6	3.27
平均	8,200	8,130	90	0.86	（エステル型99.14%）
アブラガレイ					
（肝油）	4,750	4,020	730	15.4	13.3%
〃	11,605	10,500	1105	9.5	
〃	4,820	4,100	720	15.0	
（内臓油）	147,900	129,000	18,900	12.8	10.7%
〃	45,800	445,000	1,300	2.8	
〃	155,400	130,000	25,400	16.4	
（肝内混合油）	20,150	17,650	2,500	14.2	
ヨシキリザメ					
（肝油①）	234	199	35	14.0	10.4%
（〃②）	26,460	23,000	3,460	13.6	
（〃③）	1,823	1,750	73	4.0	
（〃④）	6,020	543	59.5	9.9	
ネズミザメ					
（肝油①）	986	920	66	6.7	8.4%
（〃②）	1,027	925	102	10.0	
（周縁部①）	8,200	7,200	1000	12.2	12.6 (Embree)
（〃②）	4,100	3,570	530	12.9	〃
メヌケ①	17,300	16,800	500	2.9	3.7 〃
〃②	12,692	12,140	552	4.4	〃

これによつて見ると、アブラザメ肝油の遊離型Aは平均0.86%、エステル型99.14%で殆んど大部分がエステル型であることがわかる。

肝油の酸価（A.V.）が増しても遊離型Aは多くならないし、又採油法の相違によつても影響はないように見受けられる。

アブラガレイはアブラザメに比して遊離型が稍々多くなつており、肝油の平均は13.3%，内臓油の平均は10.7%で後者の方が稍々少い。

ヨシキリザメ肝油の遊離型Aは平均10.4%であつた。ネズミザメ肝油（中央部）の遊離型Aの平均は8.4%であるのに、周縁部の肝油の遊離型Aの平均は12.6%で稍々多いように見受けられる。

また肝油の総A単位の高いこと必ずしも遊離型Aの多いことを結果しないように見える。

メヌケは遊離型Aの平均は3.7%で、アブラガレイやヨシキリザメに比して可なり小さかつた。

3.　肝臓組織と結合しているビタミンAの型

前の実験では肝組織から分離してしまつた肝油中のビタミンAの型について測定したのであるが、今度は磨砕した肝組織を一定量のエーテル抽出し、毎回抽出されてくる肝油中の遊離・エステル両型の割合を調べ第3表（黒肝）及び第4表（白肝）に示すような結果を得た。

すなわち、第3表からわかるように、黒肝基部磨砕物3.17gを過酸化物を除いたエーテル 16cc づゝで毎回抽出して行くと、遊離型 A の総 A に対する割合は第1回6.2%、第2回13.1%、第3回38.3%、第4回33.5% としだいに増しやがて略々一定になることがわかる。

第3表　黒肝基部 (3.17g) のエステル抽出

回数	抽出油量 g	抽出油量 %	総 A	エステル型	遊離型	遊離型 総 A	I.V.
			I.U.	I.U.	I.U.	%	
1	0.9940	62.0	61,520	57,800	3,720	6.2	92.0
2	0.3265	20.5	25,100	21,800	3,300	13.1	88.9
3	0.1420	8.8	7,530	4,650	2,880	38.3	61.1
4	0.0445	2.9	2,760	1,890	870	33.5	44.6
5	0.0495	3.1	1,090	730	360	33.0	28.3
6	0.0425	2.7	320	250	70	32.0	0
計	1.5990	100	平均 43,938	42,500	1,500	平均 12.7	

エーテル毎回16ccづつで抽出　I.V. は Wijs 法

このことはビタミン A 両型及び脂肪（グリセライド）のエーテルに対する溶解度が余り差がないとすれば、エステル型 A の方が遊離型(アルコール型) よりも肝組織より離れ易い状態にあること、すなわち、エステル型 A は肝組織の出易い場所に存在しているが、遊離型 A は肝組織の出憎い場所に存在していることを物語るものであろう。或いは別の云い表わし方をすれば、エステル型 A と肝組織との親和力よりもアルコール型 A と肝組織との親和力が強いことを示すものであろう。

第4表　白肝基部 (5.155g) のエーテル抽出

回数	抽出油量 g	抽出油量 %	総 A	エステル型	遊離型	遊離型 総 A	I.V.
			I.U.	I.U.	I.U.	%	
1	1.5385	65.2	2,940	2,880	60	2.05	111.0
2	0.4800	20.3	2,880	2,820	60	2.08	113.0
3	0.1885	8.0	2,333	2,260	73	3.13	75.6
4	0.0820	3.4	1,854	1,810	44	2.35	35.8
5	0.0725	3.1	951	910	41	4.30	26.5
計	2.3615	100	平均 2,124	2,102	22	平均2.2	

エーテル毎回25ccづつで抽出　I.V. は Wijs 法

毎回抽出された肝油の沃素価も第1回目92.0、第2回88.9、第3回61.1..... としだいに低下して来ているが、これははじめの中は不飽和脂肪酸とのエステルが多く抽出され、のちしだいに不飽和型が減少して飽和脂肪酸とのエステルの割合が多くなつたと見てよいだろう。

第4表の白肝の場合についても同様に、僅か乍ら毎回抽出毎に遊離型が増し、沃素価も黒肝の場合と同様に抽出が進むにつれて減少して来ている。

但し、抽出肝油全体についての遊離型 A の加重平均を求めると黒肝が12.7%、白肝が2,2% で肝油の単位の高い方が遊離型が多いように見える。

第5表　アブラザメ黒肝磨砕物中のビタミンAの型(煮取法)

区分	抽出油 g	抽出油 %	総 A	エステル型	遊離型	遊離型 総 A	I.V.
			I.U.	I.U.	I.U.	%	
浮上油	3.54	86	42,300	39,800	2,500	5.9	100.0
残渣油	0.57	14	11,300	9,900	2,400	21.2	91.0
計	4.11	100	平均 38,080	35,380	2,700	平均7.1	

I.V. は Wijs 法

又黒肝磨砕物を煮取法によつて肝油を分離し浮上油と残渣油とに分けてビタミン A の両型を比較定量してみると第5表の通りである。

すなわち浮上油は黒肝磨砕物8.07

g に水 50cc を加え湯煎上で 30 分間煮沸したのち遠心分離して得られたもので（收量 86%）、残渣油は浮上油を遠心分離して除いた残渣（4g）を 50cc のエステルで 4 回抽出して得られた残渣油（收量 14%）であつて、その $\frac{\text{遊離型}}{\text{総 A}}$（%）は浮上油が 5.9% であるに対し、残渣油では 21.2 %で、後者の方が前者よりも遙かにアルコール型が多くなつている。

このことから見ても、エステル型は肝油中に多く、アルコール型は肝組織中に多いことが分る。沃素価は浮上油の 100 に対し残渣油 91.0 であつた

考　　察

肝油の見かけ上の A 値と A 眞値との関係について藤田・青山の測定したところによると、ブリ 95%、カツオ 80 %、カスベ 98 %、スケトウダラ 89 %、ナガスクジラ95% で、アブラザメでは単位の高いもの—約 15000 I.U. —では 95% であるが、低いもの —296 I.U. —では 51% であつた。このことから、大体 A 値の高いものは大部分眞 A であるが低いものは非 A——例えばクジラではキトール、アブラザメでは高級アルコール——の影響が著しいことがうかがわれる。著者らのアブラザメ肝油での測定では、採油法によつて A 眞値の割合が可なり著しい相違を示し、アルカリ消化油及び浮上油では 70% 前後であるのに、トリプシン消化油では 97% であつた。これは採油法の違いにより眞 A の收量が影響される。すなわちアルカリ消化油の場合にはアルカリのためにビタミン A が多少破壊されて非 A 区分の割合が相対的に多くなり、トリシン消化の場合にはビタミン A の破壊が極めて少なく、寧ろ非 A 区分の方が消化されて減少するのか、若しそのようなことがあるとすれば、採油法の影響はゆるがせに出来ない問題で、今後更に検討したいと考える。

肝油中のビタミン A の遊離及びエステル両型の割合については、藤田・青山が数種の肝油について測定した値と同様に、アブラザメ・アブラガレイ・メヌケなどでもエステル型が断然多く遊離型は数%以下に過ぎない。

また採油法の違いや肝油の酸価とも余り関係はないように見える。このことは Glover et al[9] が肝組織の自己消化によつてビタミン A 自身及びエステル型 A は分解されないといつていることと符合するように見える。

今、ビタミン A を遊離型・エステル型に分けて考えると、前者は生理的に活潑な作用型であり、後者は生理的に不活潑な貯藏型である。

高井[10]の研究によれば、ヒトの血液中のビタミンA—総 A 140.3±35.9 I. U. /dl、遊離型116.6 ±35.2 I. U. /dl エステル結合型 23.7±11.0 I. U. /dl—は 80% 以上は遊離型であり、A 欠乏症に於ては急激にこの遊離型 A が低下する。食餌として A を攝取した時は数時間後に血中の総 A は增し、その增加はエステル型が增すのであり、このエステル型（血漿Aエステル）は 9～10 時間後には肝臟へ送られて貯藏され血中 A エステル量は攝取前の値に復することを見ている。魚類

についての血液中の A の型についての測定は著者の寡聞のためか未だ実験がなされていないようであるが、恐らくヒトの場合と同様の経緯をとることであろう。

肝臓中に於けるビタミン A の型について、著者らが簡単な elution method により実験したところによれば、エステル型は肝臓組織とよりゆるやかに、アルコール型は肝臓組織とより緊密に結合して存在しているように考えられる。このことに関して Glover 及び Morton[11] はビタミン A は肝臓中の二つの場所、すなわち、肝細胞と星細胞とに貯蔵されるが、星細胞にはリバーゼがないので、ビタミン A はエステル型で存在し、肝細胞にはリバーゼがあるのでビタミン A はアルコール型で貯蔵されると述べている。しかし Bodansky et al[12] は肝細胞に於ては

A エステル型 ⇄ A アルコール型　の

平衡関係が存在し(左方へ進む傾向が強い)、肝臓 A アルコールと血液 A アルコールとの間にも

肝臓 A アルコール ⇄ 血液 A アルコール　の如き

平衡関係が存在するとしている。

すなわち、血中 A が欠乏すればこの平衡が破れるので、肝臓 A アルコールが血中に移行し、これを補うために A エステル型が肝エステラーゼによつてアルコール型に変えられる。

ところが通常血中 A 濃度は肝臓 A 濃度に比べて甚だ低いものであるから、肝臓中の A は殆んどエステル型として存在すると考えられる。

この様な関係は魚類においても恐らく成立つらしく――このことについては今後実験を要することであるが――今回著者らが、アブラザメ・アブラガレイ及びその他二三の魚種の肝油について分析した結果でも、殆んど 90% 以上がエステル型であつたし、アブラガレイ内臓油（幽門垂及び腸の油）の場合では約 85% 以上はエステル型であり、肝油の場合と余り差がないから、幽門垂や腸もビタミン A の貯蔵器官であろう。

すなわち、肝油及び内臓油中に存在する A は大部分貯蔵型の A エステルであり、遊離型 A も極く少量に存在するが、この遊離型 A の総 A に対する割合は、血中 A 濃度と平衡関係にあるのであり、肝油または内臓油の A 濃度の高低とは余り関係はないようである。

摘　　要

1. アブラザメ肝油及びアブラガレイ内臓油の A 眞値を藤田・青山法によつて測定した。それによると、アブラザメ肝油の A 眞値の見かけ上の A に対する割合は平均 77% で、採油法によつて異なるものの如く、アルカリ消化油では 70% 前後であるのにトリプシン消化油では 97% を示した。

アブラガレイ内臓油では 87.3% であつた。

2. アブラザメ・ヨシキリザメ・ネズミザメ・メヌケ肝油及びアブラガレイ肝・内臓油の遊離・エステル両型ビタミン A を藤田・青山法及び Embree-Kuhrt 法によつて測定した。その結果アブラザメ肝油中の A は 99% 以上、ヨシキリザメ及びネズミザメ肝油では約 90%、アブラガ

レイ内臓油では 85% 以上がエステル型として存在した。

3. アブラザメの黒肝及び白肝磨砕物をエーテルにて数回抽出し各抽出画分中の遊離型及びエステル型 A の割合をしらべた。

それによると、抽出の回数が進むにつれてしだいに遊離型 A の割合が増しエステル型が減少することを見出した。

4. アブラザメ黒肝煮取油の浮上油と残渣油の遊離・エステル型 A を定量し残渣油中の遊離型 A が浮上油よりも遙かに多いことを見出した。

5. 以上の実験結果から、魚類肝臓中に於ける A は 90% 以上エステル型をしており、このものは大部分肝細胞中の油滴に溶存し、残りの遊離型 A は肝組織蛋白と結合して存在するもののように考えられる。

本研究をなすに当り著者らを鞭撻せられた木村所長・谷田・谷井両部長並に本文の御校閲と御助言を頂いた東北大学農学部土屋靖彦教授に厚くお礼を申し上げる。

文　　献

(1) 藤田秋治：ビタミン定量法（南江堂）. p. 122, 昭和30年9月.
(2) 藤田・青山：ビタミン **4** 127 (1951).
(3) 青山政太郎：ビタミン **4** 15 (1951).
(4) Morton & Stubbs : Biochem. J. **41** 525(1947); **42** 195(1948); Oser : Anal. Chem. **21** 529(1949); 森　高次郎：農学 **4** 199 (1950) を参照。
(5) Gridgeman et al: Analyst **73**(No. 873), 662-668(1948).
(6) 藤田秋治・青山政太郎：ビタミン **4**, 174 (1951).
(7) Embree-Kuhrt：ビタミン AD（脂溶性ビタミン総合研究委員会編）p. 127, (1950).
(8) 藤田・青山：ビタミン **4**, 176 (1951).
(9) Glover. J., Goodwin, T. W. and Morton, R. A. : Biochem. J., **41** 97(1947).
(10) 高井俊夫：ビタミン **10** 399 (1956).
(11) Glover, J. and Morton, R. A. : Biochem. J. **43** p xii(1948).
(12) Bodansky, O. and Markardt, B. : J. Biol. Chem., **190**, 83(1951).

日本近海の竿釣りビンナガ漁業における漁況と海況との関係について※
第1報　黒潮前線の南側の漁場

川　崎　　健

RELATION BETWEEN THE LIVE-BAIT FISHERY OF ALBACORE AND THE OCEANOGRAPHICAL CONDITIONS IN WATERS ADJACENT TO JAPAN.

I THE FISHING GROUNDS SOUTH OF THE KUROSHIO FRONT.

By

Tsuyoshi KAWASAKI

From available data the writer examined the relationship between the live-bait fishery of albacore and the state of sea.

The conditions for the appearance of the fishing ground of live-bait albacore fishery in the southern side of the Kuroshio Front are:

1. Comparatively small difference between surface and lower layer water temperatures.

2. The water temperature of lower layer ranges between 17°C to 19°C and that of the surface below 22.5°C.

3. The chlorinity and the dissolved oxygen contents have higher values from surface to the lower layer than those of the surrounding sea region.

The area having the characteristics mentioned above is generally the sinking region.

The pattern of the formation of the fishing ground is classified into the following three types.

Type I. The fishing ground is formed in the offshore region south of Honshū (from Shikoku to Shizuoka Pref.) when a conspicuous warm water mass is developed. The fishing ground moves within this warm water mass and is not formed when the cold water mass upwells.

Type II. The fishing ground is formed in the bag-like sea area off the Bōsō-Jōban District and is encircled by the stream axis of the Kuroshio Extension.

Type III. The fishing ground is formed in the zonal sea area between the warm core of the north side and the warm water of the south side.

※　東北海区水産研究所業績．第 93 号

The writer has also explained the difference between the fishing ground and the fishing method of the live-bait fishery in spring and summer and those of the long-line fishery in autumn and winter and has referred to the possibility of forecasting the state of fishing.

目　　次

I　ま　え　が　き
II　各年における漁場水域の海況について
　II．1　昭和13年5月上旬のビンナガ漁場
　II．2　昭和25年5月・6月のビンナガ漁場
　　II．2．1　5月下旬後半のビンナガ漁場
　　II．2．2　5月下旬～6月下旬のビンナガ漁場
　II．3　昭和26年のビンナガ漁場
　　II．3．1　4月下旬～6月中旬の遠州灘南方水域におけるビンナガ漁場
　　II．3．2　6月下旬前半の房総沖のビンナガ漁場
　II．4　昭和27年6月上旬後半のビンナガ漁場
　II．5　昭和30年のビンナガ漁場
　II．6　昭和31年のビンナガ漁場
　　II．6．1　5月中旬前半のスミス島西のビンナガ漁場
　　II．6．2　5月下旬前半の石室崎南のビンナガ漁場
　　II．6．3　全般的なビンナガ漁場
III　野島崎南東水域の海況の変動とビンナガ漁況との関係
IV　総括および漁況予報の可能性について
V　要　　約
VI　文　　献

I．ま　え　が　き

ビンナガ漁業の漁法は、大別して延縄と竿釣りの二つに分けられる。前者は主として 11 月頃から翌年の3月頃まで行われ、冬型海況から夏型海況への移行に伴つて4月頃から竿釣りが始まつて7月まで続くのである。もつとも、冬の時期でも多くの船〔イケス(活魚槽)を持つた船〕は生き餌を積み込んで、表面に浮び出たビンナガを竿で漁獲するのであるが、散発的であり、漁獲高も少く、竿釣りで集中的な大漁を狙う4月以降の時期とは非常に異つている。本報告は“夏ビン”又は“ハネビン”と呼ばれるところの竿釣りのみで行うビンナガ漁に限定して、黒潮前線の南側に於ける漁況と海況の関係について筆者の入手し得た限りの資料に基いて考察したものである。

竿釣りビンナガの漁獲高には毎年かなりの変動がある。最近の昭和 26 年～31 年の4月から7月までの陸揚高を示すと第1表のようになる。漁場も年によつて大きな変動がある。漁場は普通は先ずソーフ岩と西之島の中間水域に3月末に形成され、次第に紀南海盆に移り、その後野島沖を東に進み、7月中旬に終漁となるのであるが（川崎・相沢[1]）、紀南海盆にはほとんど漁場の出

第1表　昭和26年～31年のビンナガの4月～7月の陸揚高（単位：貫）

月＼年	26年	27年	28年	29年	30年	31年
4月	364,000	652,000	651,000	925,000	1,136,000	882,000
5月	906,000	1,069,000	1,432,000	885,000	1,907,000	2,158,000
6月	2,810,000	8,896,000	5,822,000	2,406,000	2,640,000	6,215,000
7月	689,000	1,588,000	1,174,000	2,550,000	590,000	2,512,000
総計	4,769,000	12,205,000	9,079,000	6,766,000	6,273,000	11,767,000

来ない年もあるし、又かなり長い間出来ている年もある。野島沖の漁場にしても、32° N 附近のこともあり、又36°N附近のこともあり、極端な年にはるか北方の三陸沖に形成されている*1。こういうたことは、年によつて海の状態にかなりの相違があることを示しているものである。

尚ここで扱うのは、漁場成立についての非生物的な要因のみであつて、生物的な要因（同一の食性段階にある他の魚種やプランクトン・小魚・イカ等の食餌との関係）は全く無視されている。現在の貧弱な資料の範囲内ではこの面の検討は困難であるが、将来の問題として残されていることを指摘して置く*2。

II. 各年における漁場水域の海況について

竿釣りビンナガの漁場と海況の関係について、嘗て宇田[2]はビンナガの主漁場は紀南の冷水塊の中央近くの南沖合寄りに位置し、この漁場を去ると野島南東沖合の冷水塊へ移ると述べ、又別の報文（宇田[3]）では、ビンナガ漁場は收連と発散の結合に関係し、“北半球では反時計廻りの渦流によるか又は海底地形にもとずく冷い深い水の湧昇域がビンナガ漁場と関連している”と述べている。最近川合[4]は昭和27年6月の資料にもとずいてこの関係を調べ、この時にはビンナガの釣漁場は黒潮の最高水溫帶の南側の外側低溫帶に形成されることを示し、更にこの漁場を横切る水溫および塩素量の300 m までの鉛直断面を用いて、この漁場域が“最高水溫帶の直ぐ南側にある湧昇域である”と考えた。

筆者はビンナガマグロの漁況と海況との関係を調べるために次の資料を用いた。先ず漁獲位置・漁獲量および漁獲水溫に関するものは、農林省水産試驗場木村研究室および東北海区水産研究所資源部が、焼津・清水・沼津・東京・塩釜・女川・石巻・気仙沼の各港で集めた入港船よりの聞き取りによるもので、海況の資料は、漁場の成立した時に実施された漁場およびその周辺域を横切る観測記錄で筆者の入手し得たものである。

この資料の中には、海上保安庁水路部・中央気象台および各県水産試驗場のデータが含まれている。

---

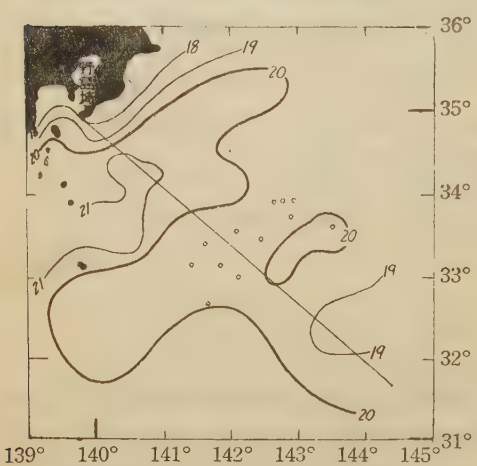
*1　この場合は第2報で報告する。

*2　生物的な要因は非生物的要因の生物にとつての臨界値の範囲内で生物の行動に影響を与えると考えてよいであろう。

夏季ビンナガ漁の最盛期である5月・6月の漁獲（表面）水温は前報告で示したように（川崎・相沢[1]）、19.5°～21.9°C に峯を持つている。しかし表面水温がこの範囲にあるとしても、常に漁場が形成されるとは限らない。この事実は漁場の成立が単に表面水温のみに関係しているものではなく、その水域の全体的・立体的な海洋構造に依存していることを示しているのである。以下に年を追つて漁場位置と海況との関係を解明して行く。

II. 1　昭和13年5月上旬のビンナガ漁場

この時には漁場は野島崎南東の 120～180 浬の間に形成されている（第1図）。表面の等温線をみれば、明らかに漁場は外側低温帯（川合[6]）の 19°C 台のところにある。同時期の野島崎南東の横断観測について見ると（附図1）*1、先ず水温についてみれば、漁場水域では表面は相対的に低温であるが、下層へ行けば周囲よりもかなり高くなつて居り、400 m 層でも 16°C 台を示している。ビンナガの棲息水温は冬の延縄時期の資料から推定して、17°～19°C がその中心と考えられるから（川崎・相沢[1]）、上の事実によりこのビンナガ漁場は棲息可能な層の厚いところに出来ているといえるのである。



第1図　昭和13年5月上旬の表面等温線およびビンナガ漁獲位置。木村[5]より略写。野島崎南東の線は5月4～6日の千葉水試による観測線。

この断面で 17°～19°C の層の厚い水域は野島南東 90 浬から 180浬にまたがつているが、漁場が沖よりに偏つている理由としては、浮上する際の表面水温は棲息水温よりは当然いくらか高いにしても、棲息水温に近い方が好適なためであろう。尚棲息層を問題にする際には、当然水圧も考慮されねばならないが、昭和31年5月の魚群探知機の記録によつて、400m 層におけるビンナガの存在が確認されているから*2、深度の下限を 400 m と考えて以下の論議を進めて行くことにする。

塩分について見ると、この水域は 400 m 以深まで 34.8‰ 以上の高塩を示して居り、等塩分線の形からみても又等温線からみても、高温・高塩な水が沈降している水域ではないかと思われる。σ_t の分布からみても同様で、時計廻りの渦流を伴う弱い沈降域であると推定される。等 σ_t 線から更にいえることは、この水域は上下の密度差の小さいところ、言葉をかえていえば鉛直安定度の低いところであり、このことは上下の水温差の小さいことから当然予想されたことである。

以上をとりまとめていえば、昭和13年5月上旬にはビンナガ群は恐らく野島崎南東の 90 浬乃至

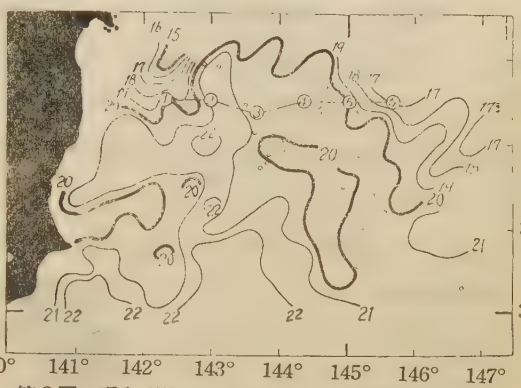
*1　用いた資料は千葉水試5月4～6日（海洋調査要報 第62 輯 水産試験場）の観測結果。
*2　東海大学水産研究部服部研究員の話による。

180 浬の中層を回游し、表面水温の低い 120～180 浬で浮上したものであり、この水域の特徴は黒潮流域の下層まで高温・高塩で、上下の水温差・塩分差・密度差が小さく、従つて鉛直安定度が低く、水温は適温範囲内にある水域といえる。このような水域は一般に時計廻りの渦流域である。

II. 2 昭和25年5月・6月のビンナガ漁場

II. 2. 1 5月下旬後半のビンナガ漁場

この時には漁場は銚子沖から金華山にかけて形成されている（第2図）。この時期の表面等温線および5月後半の 100 m 層・200 m 層の等温線および等塩素量線（附図2）からみられるように*、黒潮は常磐沿岸に接岸して北上し、38°N 線に達し、そこから東流し、145° E と 146°E の間で南下している。漁場は丁度この黒潮の半円形の流軸によつて囲まれた袋状の水域、特にその東寄りに形成されている。表面および 100 m 層の等温線をみれば判るように、最高水温帯は黒潮の流軸と共に常磐沖を北上しているが、その影響は東側の南下部分では弱く、西側の最高水温帯と東側の南下流軸の中間水域が漁場となつている。この水域は矢張外側低温帯と考えるべき性質のものであろう。この袋状水域は時計廻りの渦流を伴う沈降域であることは黒潮の流路から推測され、又事実 100m, 200 m の両層に於いて周囲よりも高温・高塩である。ビンナガはこの水域の中層を全般的に游泳し、表面水温のより低いところの、最高水温帯の影響の小さな東側で浮上したものと考えられる。表面ではこの漁場水域の中心に 19°C 台の低温域が存在して居り、このため上下の水温差は非常に小さくなつて居り、周囲に比較して相対的に安定度の低いことを示している。



第2図 昭和25年5月下旬後半の表面等温線およびビンナガ漁獲位置。37°30′N 線の線は5月27・28日の岩手丸による観測線。

更に5月27・28日の37°30′N 線の断面図をみてみると（第2図・附図3）、143°30′～145°00′E の漁場水域では表面水温は19°C 台で低く、250 m 以深まで17°C 台で、上下の水温差は非常に小さく鉛直安定度の低いことを示している。塩素量は 250 m 以深まで 19.20 ‰ 以上で高塩である。σ_t の分布をみても、上下の密度差の小さいことは明瞭で、又全体として渦流域であることが認められる。

要するにこの場合に於ても、かなり深いところまで適温域で（少くとも 250 m 以深）、上下の水温差が小さく安定度の低い水域をビンナガが回游し、表面水温の低いところで浮上して漁場が形成されていると考えられる。

---

* 用いた資料は共盛丸（福島水試）19～25日・岩手丸（岩手水試）22～29日・大東丸（宮城水試）15～23日（海洋観測成果表1950年 東北海区水産研究所）の観測結果。

II. 2. 2　5月下旬～6月下旬のビンナガ漁場

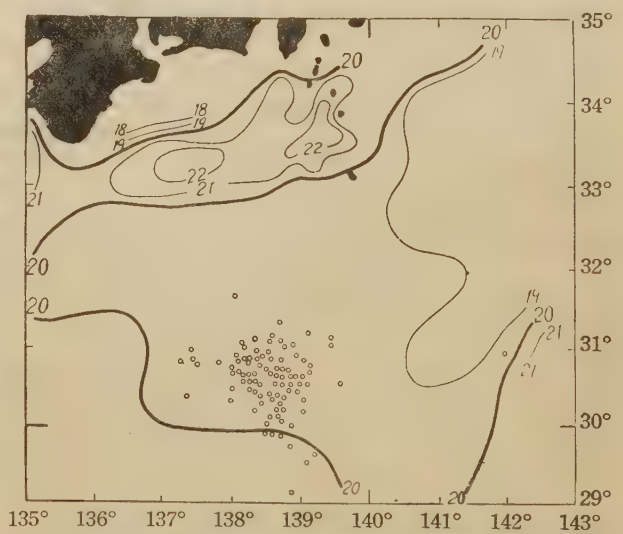
附表1に旬別の緯度・経度1度枡目毎の漁獲量を示す。この漁獲量は当所で調査した船についての合計であるから、最小推定（minimum estimate）であり、相対的にのみ比較出来る数字である（資料はかなり多いので相対的には十分使用出来る）。近年のビンナガ釣漁業に於ては、狭い水域に非常に大きな漁撈努力が投下され、1群を数隻で釣るのがむしろ普通の状態であるから、available stock（具体的には餌付のあるもの）についての漁獲死亡率は非常に大きい。こういう状態の下では漁撈努力を増加させても総漁獲量は大して増えないのが普通である（過剰努力の状態）。従つてavailable stockのもつともよい目安は総漁獲量であると考えられる*1。従つて、ここで集計した漁獲量はavailable stockの相対的な大きさを示していると考えてよいと思う。

附図2と附表1は時期的にずれているので6月以降については勿論正確には対応しないが、漁場の移動の大凡の傾向は之でつかむことが出来る。すなわち5月下旬には前述の袋状水域の北部に漁場が出来ているが、6月上旬には次第に南下し、6月中旬以降は最高水温帯の南側の外側低温帯を次第に東へ移動しているのがみられる。この移動の原因としてもつとも大きなものは、恐らく黒潮の増勢による水温の上昇およびそれに伴つて起る鉛直安定度の増加であるだろう。

II. 3　昭和26年のビンナガ漁場

II. 3.1　4月下旬～6月中旬の遠州灘南方水域におけるビンナガ漁場

4月16日～5月4日の資料を用いて100 m・200 m・300 m・500 mの各層の水温と塩素量の分布図を描いてみる（附図4）*2。これを第3図の5月上旬前半の表面水温と対照して考察してみると、遠州灘沖の表面水温が周囲より低い水域が下層に行くと次第に水温・塩素量共に周囲よりも高くなつて行くことがみられる。又500 mを基準にして表面の力学的高低図を描いてみると（第4図）、この水域に時計廻りの渦流があることが推測され、全体として沈降している水域であると思われる。いずれにしても、この広い水域が下層まで水温・塩素量共に高く鉛直安低度の低い水域であることは確



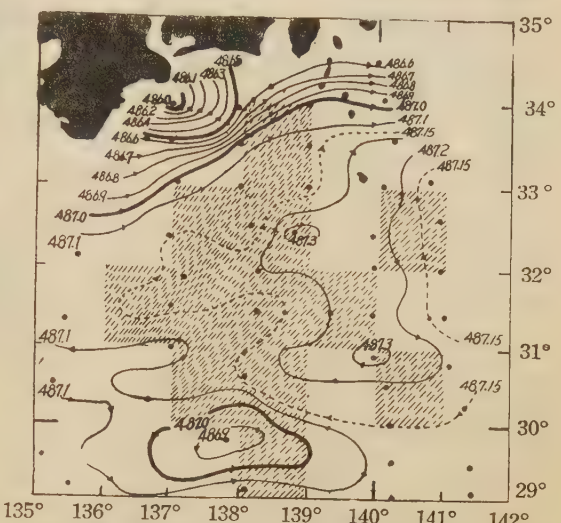
第3図　昭和26年5月上旬前半の表面等温線およびビンナガ漁獲位置。

*1 Ricker[7]によれば総漁獲量：C，漁獲死亡率：m，population：Pとおけば自然死亡率を考慮しなくてよい場合には　C=mP　いま二つの場合を考えると $C_1=m_1P_1$，$C_2=m_2P_2$ 漁獲死亡率が非常に大きければ $m_2\rightarrow m_1$　従つて $P_2/P_1\rightarrow C_2/C_1$ となる。

*2 用いた資料は大東丸（宮城水試）4月22～27日（水温は昭和26年度宮城県水産試験場業務報告・塩素量は東北水研の未発表資料）・富士丸（静岡水試）4月21日～5月4日（水温は事業報告昭和26年度静岡県水産試験場・塩素量は前者と同じ）・生名丸（中央気象台）4月16日～5月3日（The Results of Marine Meteorological and Oceanographical Observations No. 9）の観測結果。

実である。以上のような一般的特徴は、嘗て宇田[3]が土佐沖に見出した“B 水塊”と同様なものであつて、宇田も之を下降流域としている。

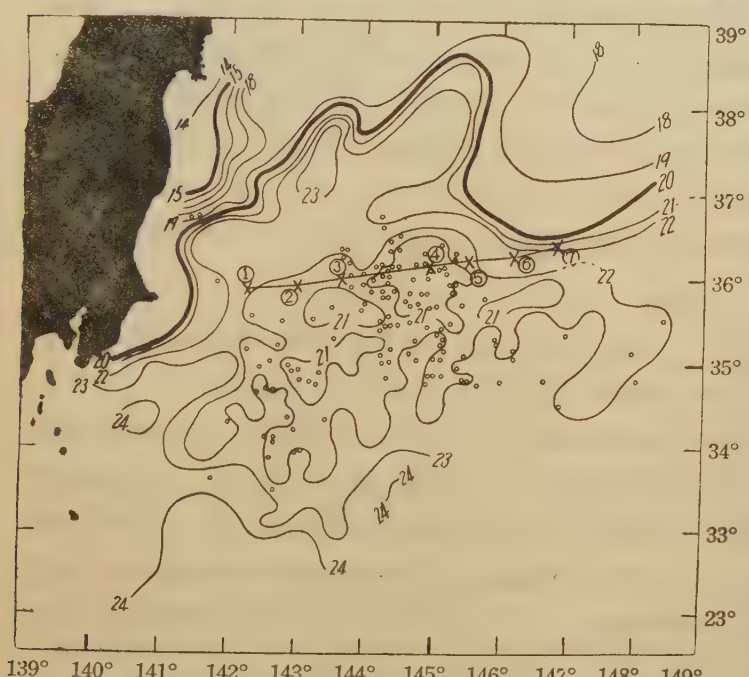
次に附表1と同じように、旬別の緯度・経度1度枡目毎の漁獲量を附表2に示す。これを附図4および第4図と比較してみると、4月下旬～6月下旬の漁場は明らかにこの渦流域内を動いているのが認められる。



第4図　昭和26年4月16日～5月4日の500 db層を基準にした表面のダイナミックメーターの分布。斜線を引いた部分は総漁獲量15,000貫以上の枡目である。

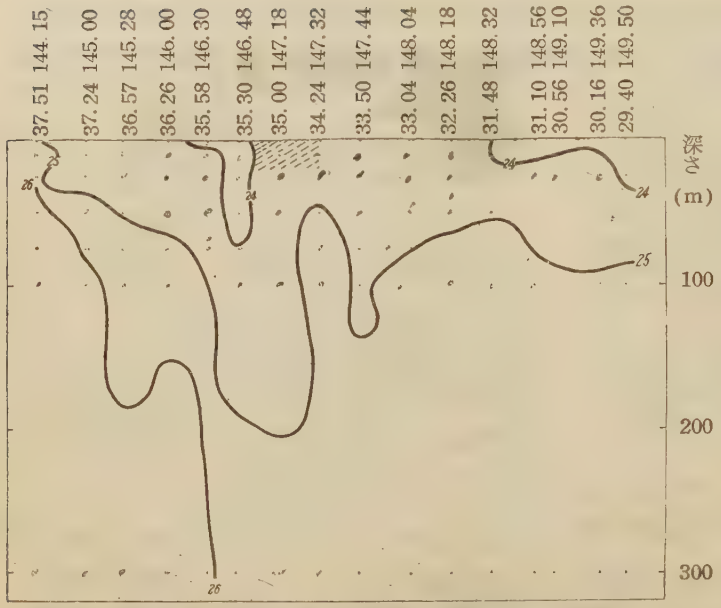
II. 3. 2　6月下旬前半の房総沖のビンナガ漁場

この時の漁場は第5図にみられるように、川合[4]の指摘した昭和27年6月の場合と同様に典型的に外側低溫域に形成されている。附図5に示した銚子沖の鉛直断面では*、この漁場水域は最高水溫帶に挟まれた水域として現れている。従つて漁場水域の水溫は、両側を最高水溫帶ではさまれているために、表層（200 m以浅）ではむしろ湧昇域のような形を呈している。200 m以深は観測が無いので不明であるが、200m附近の16°•17°Cの等溫線の走向からみて、下層まで暖水が滲透していることは確実である。この水域が周囲よりも大きな塩素量の値を持つていることからみても、恐らく全体としては下降流の存在する水域であると考えられるのである。ともかく断面の σ_t の分布をみても分るよ



第5図　昭和26年6月中旬後半の表面等溫線およびビンナガ漁獲位置。銚子東の線は6月14～16日の共盛丸による観測線。

* 用いた資料は共盛丸（福島水試）6月14～16日（海洋観測成果表1951年 東北海区水産研究所）の観測結果。



第6図　昭和27年6月6～10日の金華山南南東の σ_t の断面。
北上丸による観測。斜線を引いた部分は漁場位置。

うに、この水域が上下の水温差・密度差の小さい水域であることは間違いない。

II. 4　昭和27年6月上旬後半のビンナガ漁場

これは川合[4]が漁場の成立条件として外側低温帯の湧昇域であると考えた場合である。川合の指摘したようにこの場合の漁場は最高水温帯と更に南側の暖水との間の低温域に漁場が成立して居り、漁場を横切る 300 m までの断面では等温線は凸型になつて居り（川合[4]の第5図参照）又 50 m より下層に 19.20 ‰ 以上の高塩部がみられている。表層で等温線が上向きになつている点はII. 3. 2 の場合と同様で（この点についてはII. 6 に於ても述べる）、これは両側の表層に高温水が存在するため当然のことであるが、300 m 以深では16°C の等温線の走向および等塩素量線が暗示しているように周囲より高温高塩であると考えられ、矢張全体としては沈降域であると思われる。σ_t の断面（第6図）を見れば分るように漁場水域は鉛直安定度の低いところとなつている。

II. 5　昭和30年のビンナガ漁場

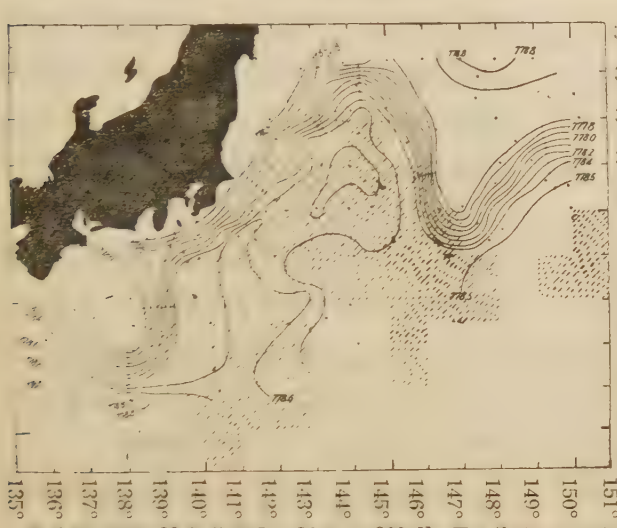
5月7～31日の資料[*1]を用いて、本邦南方および東方水域の 100 m・200m・300 m および400 m の各層の水温・塩素量・溶存酸素量についてまず検討してみる（附図6）[*2]。

先ず 100m 層の水温をみるとこの年には遠州灘の沖合に大きな冷水塊があることが判る。黒潮の流軸はこの冷水塊を大きく廻つて139°E 線を北上し、銚子沖を経て更に北上し、38° N線で親潮の第一分枝と合し、そこから東流し、146° E に至つて 36°30′N, 147°E に中心を有する第二の冷水塊のために反転して南下し、この周辺を廻つている。この黒潮の流軸の右側には明らかに最高水温帯が連続して認められる。黒潮の流軸によつて取りまかれている 139°～146°E の袋状水域

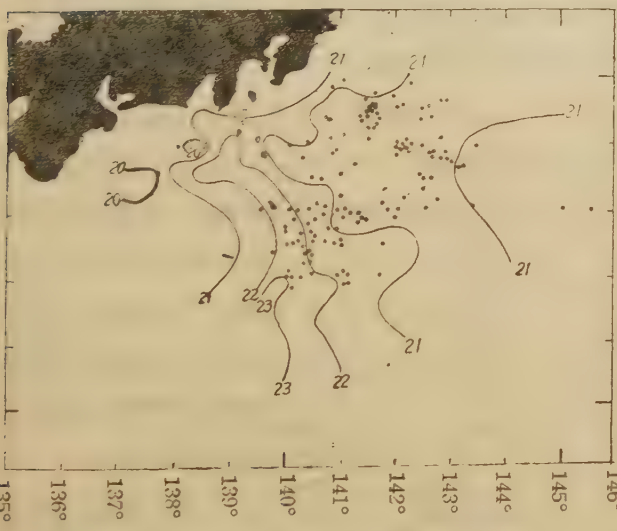
*1　用いた資料は凌風丸（中央気象台）7～30日・渥美丸（中央気象台）14～16日・春風丸(神戸海洋気象台）20～25日(以上は The Results of Marine Meteorological and Oceanographical Observations No. 16)・明洋丸（海上保安庁水路部）12～29日・第4海洋丸（海上保安庁水路部）10～31日（以上は海洋概報 昭和30年 第2号 海上保安庁水路部）の観測結果。

*2　400 m までとしたのは、今のところ棲息下限が 400 m と考えられるからである（II. 1）。

に注目すると、中心部は周囲よりも低温で、17°C 台を示している。200 m 層では最高水温帯は 148°E 附近までしか追跡し得ないが、矢張袋状水域の内部は周囲よりも低温である。これは川合[5]の云ういわゆる外側低温帯に相当する。300 m になると最高水温帯は全く追跡出来ず、袋状水域は逆に周囲よりも高温であるのが認められる。400 m ではこの傾向は一層顕著で、完全に孤立的な暖水塊を認めることが出来る。塩素量についても 200 m 以深には孤立的な高塩部の存在が顕著である。溶存酸素量についても傾向は一致している。以上の事実はこの水域全体が大きな渦流域であることを示していると考えられる。力学的高低図(第7図)も以上の推定を支持していると考えられる。又第4海洋丸(水路部)の G.E.K. による表面測流の結果も大体高低図の流線と一致するようである(海洋概報昭和30年第2号)。



第7図　昭和30年5月7～31日の800 db 層を基準にした表面のダイナミック・メーターの分布。斜線を引いた部分は総漁獲量 15,000 貫以上の枡目である。



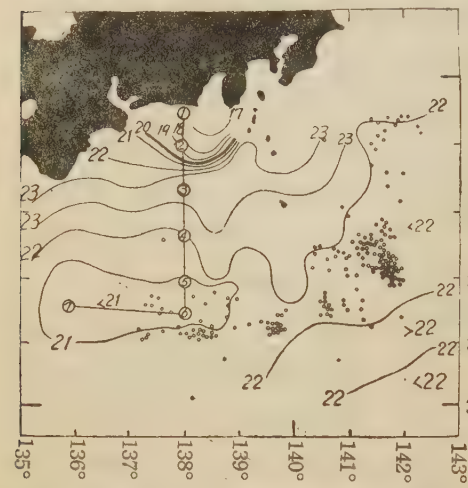
第8図　昭和30年5月中旬前半の表面等温線およびビンナガ漁獲位置。

この水域のもう一つの大きな特徴は、表層(200 m まで)では周囲より低温で下層に行くと周囲より高温になることである。このことはこの水域が上下の水温差および密度差が周囲よりも相対的に小さい、すなわち鉛直安定度の低い水域であることを示している。

附図6および第7図には緯度・経度各1度毎の枡目の中で、資料の範囲内で漁期を通じて1万5千貫以上の漁獲のあつた場合を図示してあるが、これから漁場は大冷水塊の存在する 139°E 以西にはほとんど成立せず*、上下の密度差の小さい渦流域で形成されていることが分る。附表3に旬

* このことは昭和11年～31年の筆者の利用し得た資料に基けば常にあてはまる。

毎の枡目内の漁獲量を示したが、漁場が全体として西から東へ移動しているのが認められる。この



第9図　昭和31年5月中旬前半の表面等温線およびビンナガ漁獲位置。遠州灘南の線は5月12・13日の明洋丸による観測線。

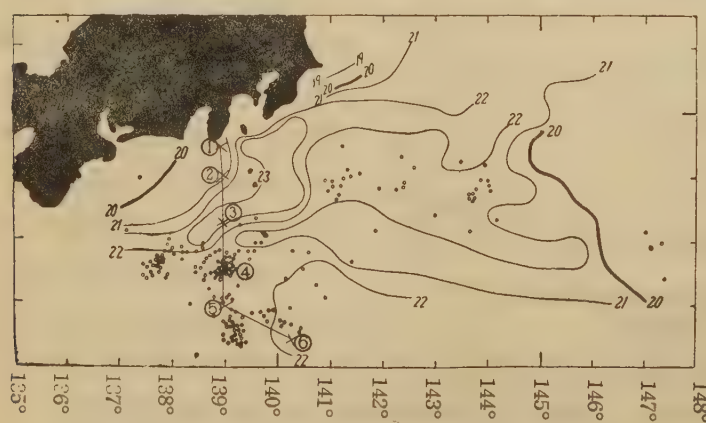
移動の原因としては、黒潮の増勢による水温の西からの増加および黒潮の流軸の変動に基くところの①鉛直安定度の低い水域の変化と②絶対的な水温の上昇をあげることが出来るであろう。

表面水温についていえば、この年の漁場はすべて外側低温帯を中心として形成されている。一例として、5月中旬前半の表面等温線と漁獲位置を記入した第8図をあげて置く。

II. 6　昭和31年のビンナガ漁場

II. 6. 1　5月中旬前半のスミス島西のビンナガ漁場

第9図にみるように、この時の漁場は 137°E から 142°E にかけての外側低温帯に形成されている。漁場水域を横切る各物理量の鉛直分布（附図7）をみると、漁場では表層 100 m 以浅では等温線は凸型で周囲より低温な外側低温帯であり、それから 300 m位までは一様な 18°C 台の水温で覆われ、300m 以深は陥入して 400m層まで 17°C 台を示し、上下の水温差の小さなところとなつている。塩素量は全般的に高く、しかも上下の差が僅かであり、400m以深まで 19.20‰ 以上の高塩をし、又等σ_t 線も全体的に凹型で沈降域であることを示している。σ_t の分布は又この水域では上下の密度差の小さいことを示している。更に溶存酸素量をみると、漁場水域の中心は 400m 以深まで 5.0 cc /L 以上であり、このことも又この水域に於て鉛直混合の盛なことを示しているのである。



第10図　昭和31年5月下旬前半の表面等温線およびビンナガ漁獲位置。石室崎南の線は5月23～25日の明洋丸による観測線。

II. 6. 2　5月下旬前半の石室崎南のビンナガ漁場

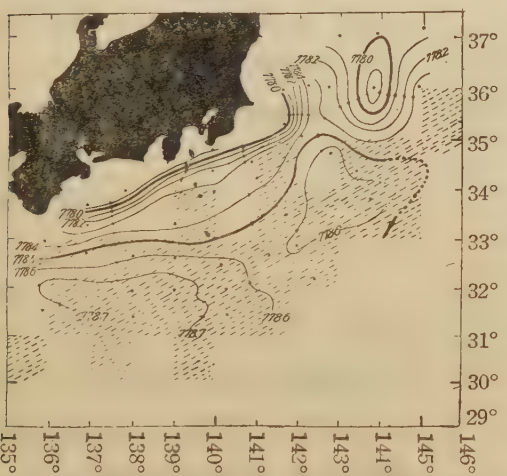
第10図と附図8とを対照してみれば、全般的特徴が前節の場合と同様な

ことが分る。

II. 6. 3 全般的なビンナガ漁場

II. 5 の場合と同様に、5月10～27日の資料*を用いて南方および東方水域の各層の物理量についてまず検討した（附図9）。この時期の大きな特徴は30年にみられたような遠州灘沖の大冷水塊は全く認められず、黒潮の流軸は遠州灘沖では33°30′N線を東に走つている。房総沖を北上した黒潮は37°30′N 線を東に向い、146°E附近から東南東の方向に伸びている。遠州灘沖の黒潮の流軸の南側に注目すれば、この水域に100m層では周囲より水温の低い部分のあることが分る。ところが200 m を過ぎて300 m・400 mとなると、この部分が周囲よりも水温が高くなり、孤立的な暖水塊の様相を呈してくる。塩素量をみると一貫して周囲よりも値が高く、溶存酸素量に於ても全く同様な傾向がみられ、II. 6 で述べた東側の水域と同様な性質の渦流域であることが分る。800 db 基準の表面の力学的高低図(第11図)の流線もこのことを支持していると考えられる。

次に140°E線の東側ではこの年には遠州灘沖の時計廻りの暖水塊の存在に対応して、黒潮の一部は八丈島附近から南南東に向つている（第11図を参照、G.E.K.の記録でも同様である。海洋概報昭和31年第2号)。このため最高水温帯は発散して居り、30年の場合のように明瞭に追跡することが出来ない。従つて又外側低温帯もはつきりと認めることが出来ない。従つて黒潮の北上成分（本流）は弱まつて居り、それが一部の原因となつて、36°N, 144°E附近を中心に低温・低塩水の湧昇がみられている。この冷水塊の西側に時計廻りの暖水塊が認められるが、この暖水塊は東側の冷水塊の影響を受けて下層では水温が余り高くない。要するに高温水の吸い込みがあまり顕著でないと言えよう。通常最高水温帯の帯状構造の消失する200 m以深の層をみると、遠州灘沖暖水塊の延長として、東に向うところの高温帯がみられる。そうしてこの高温帯部では周囲よりも高塩であり、溶存酸素量も高い傾向が認められ、同様に鉛直安定度が低く、帯状の渦流域であると考えられる。



第11図　昭和31年5月10～27日の 800 db 層を基準にした表面のダイナミック・メーターの分布。斜線を引いた部分は総漁獲量 15,000 貫以上の枡目である。

附図9および第11図に緯度・経度1度毎の枡目の中で漁期を通じて1万5千貫以上の漁獲のあつた場合を示した。遠州灘の南側では、昭和26年の場合と同様に、鉛直安定度の低い暖水塊の

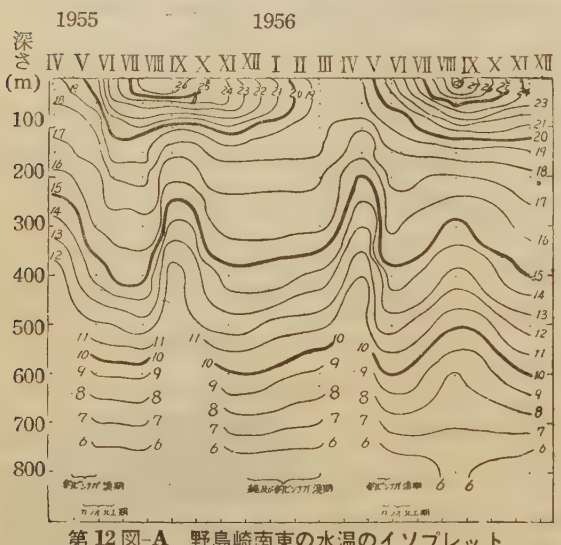
* 用いた資料は明洋丸（海上保安庁水路部10～27日・第4海洋丸（海上保安庁水路部）10～27日（以上は海洋概報 昭和31年 第2号 海上保安庁水路部)・凌風丸（中央気象台）11～23日（未発表、水温のみ）の観測結果。

内部で顕著に漁場が発達しているのがみられる。東側でも漁場は上述の高溫・高塩帶に分布して居り、湧昇の顕著な房総近海の 35°N 以北ではほとんど成立していない。

附表4には旬毎・1度枡目毎の漁獲高を示した。漁場は次第に東行しているのが認められる。

III　野島崎南東水域の海況の変動とビンナガ漁況との関係

これ迄に述べたような性格を持つ水域は、冬季では水平的にかなり広範である。冬季のビンナガ漁場が亜熱帶收連線の北側で非常に広く分布して居り、漁獲は延縄と竿釣の両方によつて行われ、集中的な竿釣漁場が形成されないという事実は、ビンナガの棲息水域について述べた以上の特徴が冬季にもあてはまるらしいことを示して居り*1、このことからもビンナガ漁業の冬季と春・夏季の相異を説明出来る。一例として附図10に昭和13年の1年間の野島崎南東線の水溫の鉛直分布を示した（5月の漁期中の分については附図1を参照）*2。年によつて若干の差はあるが、野島南東の延縄ビンナガ漁の盛期は普通12月～2月（1月が最盛）である（南海区水産研究所[6]）。



第12図-A　野島崎南東の水温のイソプレットとカツオ・ビンナガ漁期。

図をみれば7月にもつとも成層狀態が著しいが、11月末にはこれが崩れはじめ、1月になると鉛直混合が烈しく、しかもそういう水域が広範なことがみられる。3月始めには更に水溫が一様であるが水溫の低下は著しく、5月になると成層がかなり出来ているのがみられる。

このことを更に詳しくみるために昭和30年4月～31年11月の期間をとつて、野島南東線上で黒潮の流軸の右側に相当する 34°30′～32°00′ N の間の観測値の各層の水溫と塩素量の平均値を求め、イソプレットを描いてみる（第12図）*3。まず水溫をみると表層では当然のことながら冬に低溫で夏に高溫であるが、中層に注目すると特徴的な狀態を指摘出来るのである。すなわち100 m 以深の層では水溫の極大が6～7月と11～12月に現れて居り、又極小が4月と8～9月に現れて居る。11～12月の極大と8～9月の極小とは鉛直混合の度合からも部分的に説明出来るが、6～7月の極大と4月の極小とは説明出来ない。特に4月に極小となることは注目すべき

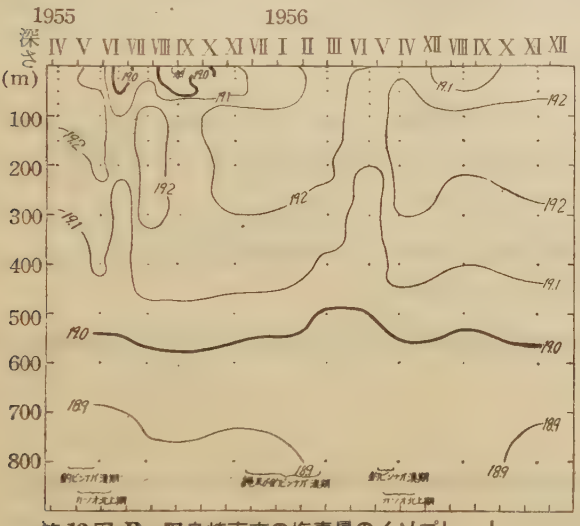
*1　延縄漁場が上下の水溫差の小さなところに出来るということは、南海区水産研究所[7]が1月の紀南漁場について述べている。他の魚種についてはクロマグロ（川名[9]）・キハダマグロ（Sette[10]）の例がある。

*2　用いた資料は千葉水試1月10～20日・3月3～5日（海洋調査要報 第62報 水産試験場）・および7月28～30日・11月29日～12月1日（同第63報）の観測結果。

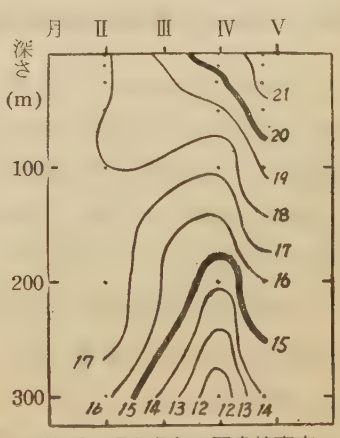
で、4月の観測のある他の年(昭和5年)について調べたところ矢張同様であつた(第13図)[*4]。従つてこの現象は筆者の利用し得た資料の範囲内では一般的といえる。

塩素量についていえば表層では夏季に非常に低塩であり、このことは潮岬沖の定線について福岡ら[11]が指摘した現象と同様であり、同じ原因に基くものと考えられる。100 m～500 m の層では水温の場合と一致する極大極小が現れている。このことは野島南東水域の中層では、黒潮勢力と親潮（亞寒帯中層水）勢力が年2回の周期で消長していることを示すものと思われる（同様な現象は東北海区に於てもみられる（小泉[13]）。）。

4月の中層の水温および塩素量の減少の模様を31年の2～3月、4月および5月について鉛直断面で示すと附図11が得られる[*5]。すなわちこの年の4月には低温・低塩水が野島南東60浬附近を中心にして存在していることが認められる。



第12図-B　野島崎南東の塩素量のイソプレットとカツオ・ビンナガ漁場。



第13図　昭和5年の野島崎南東80′～100′の水温平均値のイソプレット。

以上の海況の変動を漁況に結びつけて考えてみると、第12図に示したように、春の野島南東の釣ビンナガ漁は中層で低温・低塩（100 m 以深の安定度大）から高温・高塩（安定度小）に移る時期に始まり、表層で高温・低塩（100 m 以浅の安定度大）になり始める時期に終つている。更

---

*3 用いた資料は共栄丸（千葉県）昭和30年4月6・7日（太平洋側海洋調査水温速報　東海区水産研究所：水温は第12号、塩素量は第21号）・第4海洋丸（海上保安庁水路部）同年5月28～30日（海洋概報昭和30年第2号 海上保安庁水路部）・千潮丸（千葉県）同年6月16～18日（太平洋側海洋調査水温速報：水温は第13号・塩素量は第21号）・明洋丸（海上保安庁水路部）同年7月26・27日（海洋概報昭和30年 第3号）・房総丸（千葉県）同年8月31日・9月1日（太平洋側海洋調査水温速報：水温は第18号、塩素量は第22号）。明洋丸同年11月5・6日（海洋概報 昭和30年第4号）・第4海洋丸 昭和31年2月25日～3月3日（海洋概報 昭和31年第1号）・千潮丸同年4月21・22日（太平洋側海洋調査水温速報第24号）。第4海洋丸同年5月25・26日（海洋概報 昭和31年第2号）・明洋丸同年8月14日（海洋概報 昭和31年第3号）・第4海洋丸同年11月14日（海洋概報 昭和31年第4号）の観測結果。

*4 用いた資料は千葉県による昭和5年2月14日・4月14・15日および5月9日（海洋調査要報第46報 水産試験場）の観測結果。

*5 用いた資料は*3に示した当該のものと同様。

に注意すべきことは、30年と31年の初漁期のズレである。30年には4月下旬から野島沖に漁場が形成されているが、31年には5月中旬になつて始めて漁獲をみている。これは中層の塩素量の相異から説明出来るのであつて、31年のオクレは4月には中層の低塩水の影響が大きく、塩素量は5月になつてから19.20‰以上になつていることと関係がありそうである。更に表層が高温・低塩となり躍層が形成されて行くにつれて、部分的にはビンナガと漁場が重なりながらカツオの北上が始まる。そうしてビンナガ漁場は東へ移動し、カツオ漁場は適水帯に乗つて北上する*1。

夏になると表層は高温・低塩、中層は低温で安定度は最大となる。秋の終りになつてこの水域の鉛直安定度が低くなり、表層が低温、中層が高温となり全体的に高塩となると、再びこの水域にビンナガ漁場が形成され、3月に入つて下層が低温・低塩となるにつれて漁場は紀南海区に移り、魚群は濃密になつて集中的な竿釣りが始まるのである。

IV　総括および漁況予報の可能性について

以上昭和13年以降の利用し得るデータによつて、黒潮前線の南側における竿釣りビンナガの漁況と海況との関係をかなり精細に検討した。結論として次のようにまとめることが出来よう。

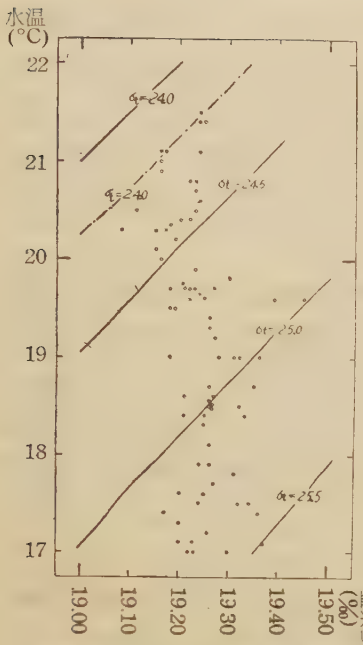
竿釣りビンナガの漁場成立の条件として、

1. 表面から下層まで（下限は 400 m）の水温の差が小さく、従つて鉛直安定度の低い水域であること*2
2. 下層の水温は17°～19°C であり、表面では 22.5°C 以下であること（川崎・相沢[1]参照）
3. 塩素量が大きく 19.20‰ 以上であること
4. 溶存酸素量が周囲よりも大きいこと

以上のような特徴を持つ水域は通常日本近海の春の黒潮前線の南側に帯状にみられる。表面では最高水温帯の外側の低温帯となる。以上のことと、ビンナガマグロが亜熱帯收連線の南側ではほとんど漁獲されないこととを考え合せれば、ビンナガを典型的な黒潮系の回游魚ということが出来るであろう。

次に漁場内に於ける観測の資料を用いて、漁場水域の水温と塩素量の関係を検討してみる（第14図）。観測値は表面より下層まで用いたが、ビンナガの棲息下限と考えられる水温が 17°C 未満の場合は除いた。第14図から指摘出来ることは、水温の分布巾に比べて塩素量のそれは範囲が狭いことである。特に棲息層と考えられる水温 19°C 以下の下層では、大部分が19.20～19.35‰内に落ちて居り、温度の差に伴う変動は見られない。このことは、ビンナガの行動を規整するもつとも大きな要因が水温よりもむしろ塩素量であることを示している*3。第2報で詳細に述べる

*1　カツオについては追つて詳細に発表する予定である。
*2　このことは下層まで安定度の低い水塊の形成されない東海・日本海ではビンナガがほとんど全く漁獲されないことによつても支持される。又この水域は全般的に塩素量の低いところである。
*3　このことは体温調節と滲透圧調節の生理の面でも追及される必要がある。



第14図　ビンナガ漁獲位置の水温と塩素量との関係。
×　表面　○　下層

が、昭和25年の場合などは6月から8月にかけて 23°～27° C という高温（表面）域が主漁場となつて居り、ビンナガ漁場の表面水温についての概念をくつがえすような異常な状態であつたが、塩素量は8月の鮫角沖の漁場に於ても非常に高かつたのである。σ_tは棲息層の水温 19°～17°Cで24.7～25.5の範囲であり、これが最適密度と考えられる。

漁場成立の型をとりまとめていえば次の三つに分類出来る。

第Ⅰの型

四国から静岡県にかけての南方沖合に出来る型で、冷水塊の発達しない時に形成される。顕著な孤立暖水塊が形成され、漁場はその内部を移動する。この場合の断面の形は附図7である。

第Ⅱの型

房総・常磐沖に出来る型で、黒潮が北流一東流一南流して形成される流軸に囲まれた袋状水域に成立する。或る場合（昭和25年）には西側の最高水温帯と東側の黒潮前線に挟まれ、又或る場合には（昭和26年）両側とも最高水温帯に挟まれる。すなわち断面の形は前者は附図3、後者は附図5のようになる。

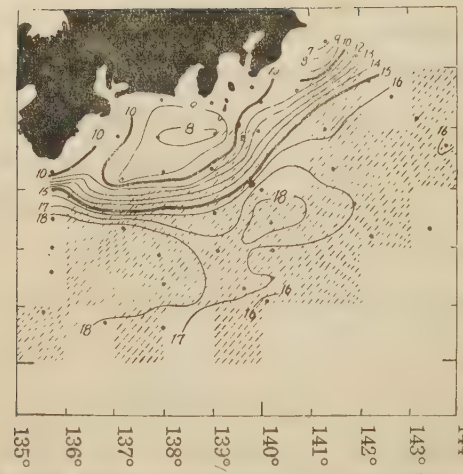
第Ⅲの型

野島崎東で、北側の最高水温帯と南側の暖水に挟まれた帯状の水域に形成される型で、表層は周囲よりも水温の低い外側低温帯となつている。断面は第Ⅰの型と同様で、例としては第6図および川合[3]の第5図をあげることが出来る。

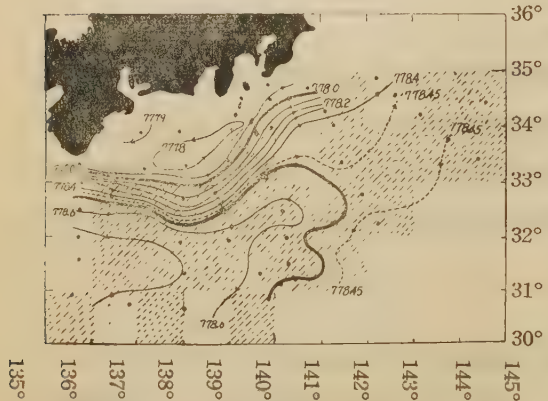
以上述べたように、ビンナガの主漁場は、正確な豊富な資料に基けばすべて暖水塊の内部に形成されて居り、宇田[2)3)]の述べた“冷水塊に主漁場が形成される”という考えと全く逆の結果になつている。恐らく宇田は当時の資料の不十分さから、若干の漁獲を主漁場と誤認したものであり、又冷水塊の占める領域の烈しい変動* をも十分に検討出来なかつたものであろう。

漁況予報の問題に関連していえば、2月・3月頃に本邦の南方および東方水域を観測することによつて、漁場の成立水域および漁獲量の見通しを大雑把につかむことが出来ると考えられる。参考のために昭和31年の2月・3月の 300 m層の水温分布と、春・夏の竿釣で1万5千貫以上の漁獲のあつた枡目とを対照した第15図および 800 m 基準の力学的高低図と漁獲枡目とを対照し

* 昭和31年5月には非常に縮少していた冷水塊は11月の観測ではふたたび遠州灘沖合に強く張り出している（海洋概報 昭和31年第4号参照）。



第15図　昭和31年2月14日～3月4日の300 m層の水温分布およびビンナガ15,000貫以上の漁獲枡目。



第16図　昭和31年2月14日～3月4日の800 db層を基準にした表面のダイナミック・メーターの分布。斜線を引いた部分は総漁獲量15,000貫以上の枡目である。

た第16図を示した[*1]。この対照はかなり相関が高く(即ち2・3月の海洋構造と5月のそれとがこの場合にはかなり以通つて居り)、将来海況の予報の精度が高まつて行く場合の漁況予報の可能性を暗示しているようである[*2]。

更に初漁期の問題がある。竿釣ビンナガの初漁（集中的な）はほとんど例外無くソーフ岩と西之島の中間水域で、3月下旬の前後に行われる。この水域はいわゆる亜熱帯牧連域と考えられるが、海洋観測の資料はほとんど無く、検討することが出来ない。将来この水域を調査することによつて、ビンナガの集中化の機構を明らかにすることが出来ると思われる。

終りに当り御指導をいただいた本所長木村博士および討論に参加された資源部の方々に厚く感謝する。又漁況の聞き取りに参加された東海大学水産研究部・南海区水産研究所遠洋資源部および本所資源部の方々ならびに調査に協力された各漁船の乗組員・魚市場の方々に感謝する。

V 要　　約

昭和13年以降の利用し得る資料を用いて、竿釣りビンナガの漁況と海況との関係を考察した。黒潮前線の南側では、竿釣りビンナガの漁場成立の条件として、

1. 表面から下層までの水温差が小さいこと
2. 中層の水温は 17°～19°C であり、表面では 22.5°C 以下であること
3. 塩素量・溶存酸素量が下層まで周囲より大きいこと

があげられる。以上のような特徴を持つ水域は一般に時計廻りの渦流域である。

漁場成立の型は次の三つに分類出来る。

*1　用いた資料は明洋丸2月10日～3月6日・第4海洋丸（以上海上保安庁水路部）2月10日～3月9日（海洋概報 昭和31年第1号 海上保安庁水路部）の観測結果。

*2　1956年の海況予想については気象庁[13]を参照。

第Ⅰの型

四国から静岡県にかけての南方沖合に出来る型で、冷水塊の発達しない時に形成される。顕著な暖水塊が形成される場合で、漁場はその内部を移動する。

第Ⅱの型

房総・常磐沖に出来る型で、黒潮が北流―東流―南流して形成される流軸に囲まれた袋状水域に成立する。

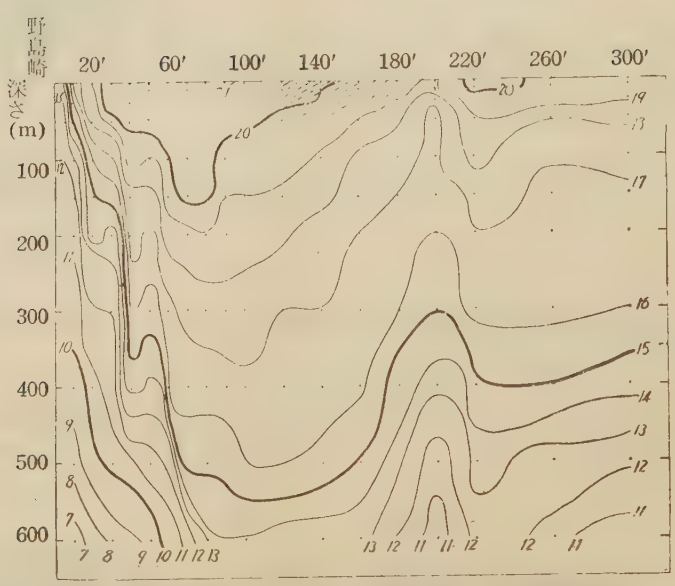
第Ⅲの型

野島崎東で、北側の最高水温帯と南側の暖水に挟まれた帯状の水域に形成される型で、表層は周囲よりも水温の低い外側低温帯となつている。

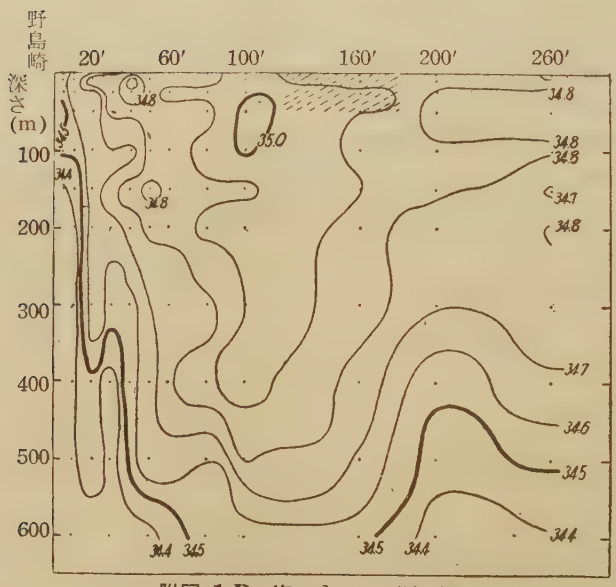
更に以上の事実をもとにして、冬の延縄の時期の漁場・漁法との相違を説明し、又漁況予報の可能性についても言及した。

VI 文　　献

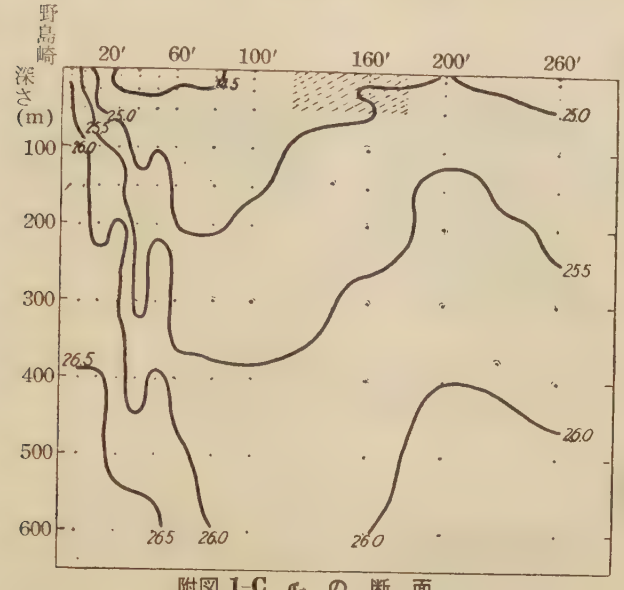
(1) 川崎　健・相沢幸雄：東北水研報告、6, 81～92, (1956)
(2) 宇田道隆：水試報、10, 231～278, (1940)
(3) Uda, M.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 19(4), 435～438, (1953)
(4) 川合英夫：東北水研報告、5, 1～42, (1955)
(5) 木村喜之助 (1949) カツオ漁場図集、東京；黒潮書房
(6) 川合英夫：東北水研報告、4, 1～46, (1955)
(7) Ricker, W. E.: J. Fish. Res. Bd. Can., 5 (1), 43～70, (1940)
(8) 南海区水産研究所 (1954) マグロ延縄漁業平年漁況図（昭和27年度）東京；日本鰹鮪漁業組合連合会
(9) 川名　武：日水誌、6(2), 73～74, (1937)
(10) Sette, O. E.: J. Mar. Res. 14(4), 398～416, (1955)
(11) Fukuoka J. et al: Oceano. Mag. 6(1), 15～24, (1954)
(12) Koizumi M.: Rec. Oceano. Wor. Japan. 1(1), 36～43, (1953)
(13) 気象庁：海洋報告、5 (特別号), (1956)



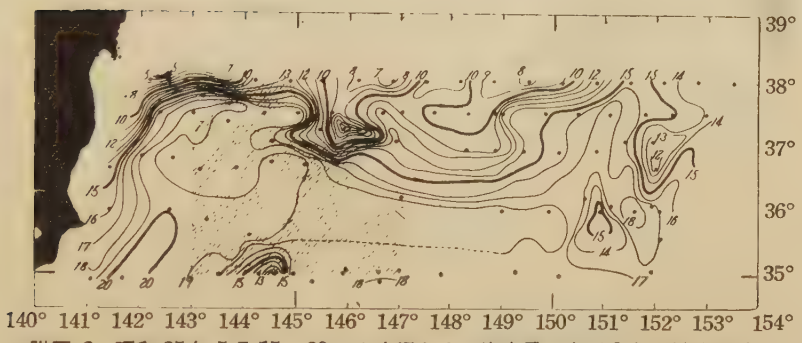
附図 1　昭和13年5月4～6日の千葉水試による野島崎南東の観測。斜線を引いた部分は漁場位置である。
A 水 温 の 断 面



附図 1-B 塩 分 の 断 面

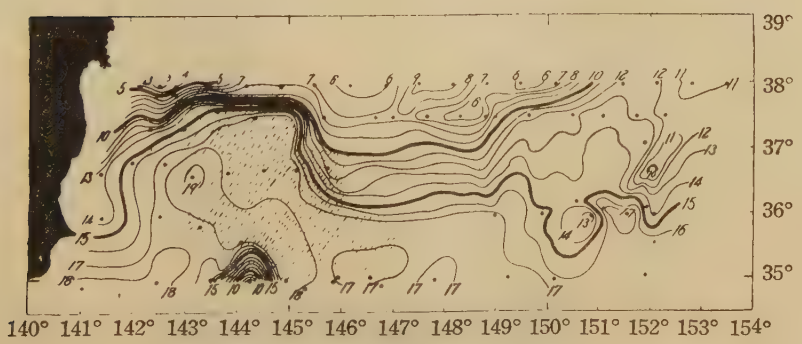


附図 1-C σ_t の 断 面

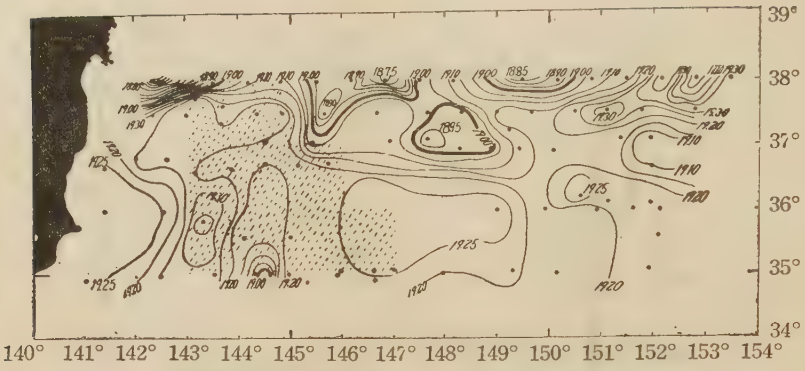


附図 2　昭和 25 年 5 月 15～29 日の水温および塩素量の水平分布。斜線を引いた部分は総漁獲量 10,000貫以上の枡目である。

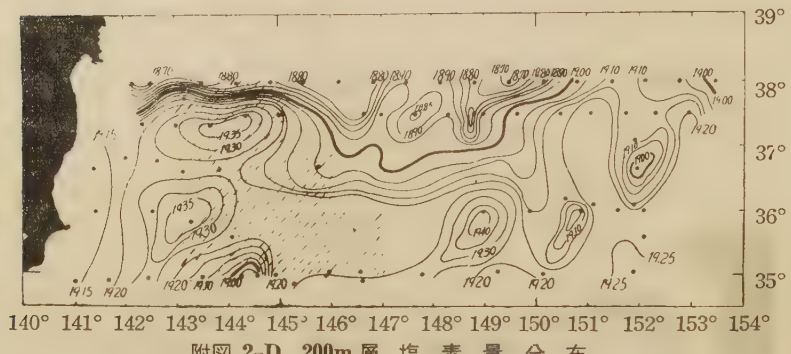
A 100m 層 水 温 分 布



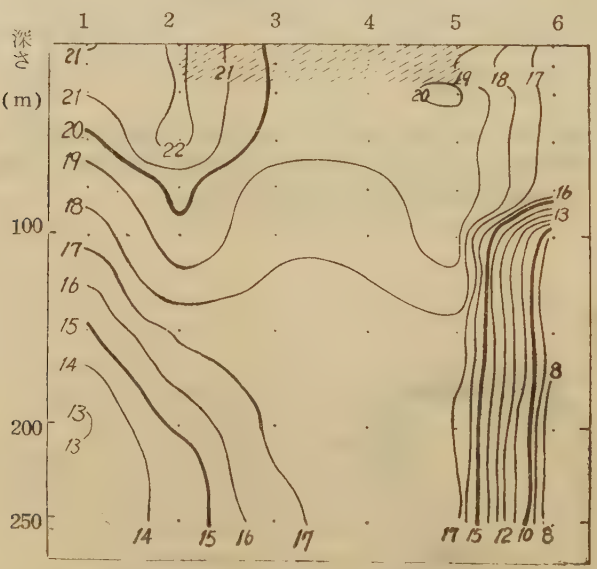
附図 2-B 200m 層 水 温 分 布



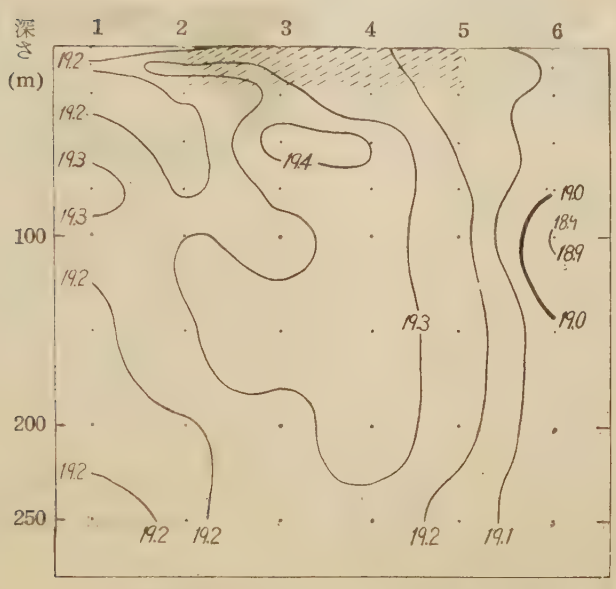
附図 2-C　100m 層　塩　素　量　分　布



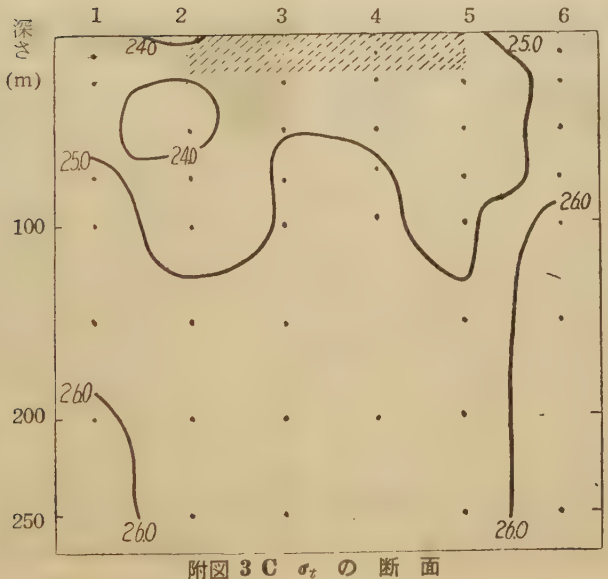
附図 2-D　200m 層　塩　素　量　分　布



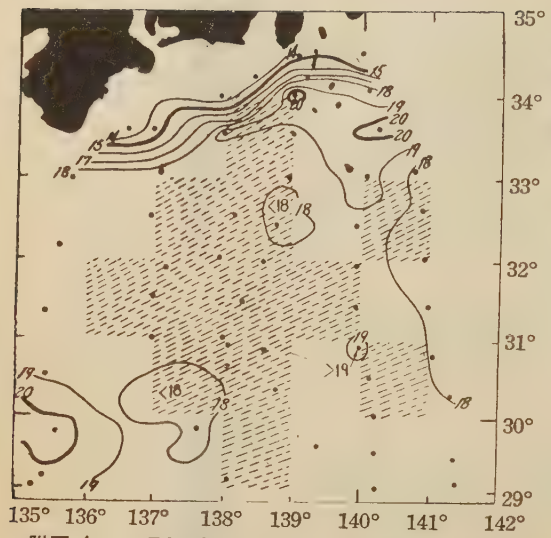
附図 3　昭和 25 年 5 月 27・28 日の岩手丸による 37°30'N 線の観測。測点番号については第 2 図を参照。斜線を引いた部分は漁場位置である。　　A　水　温　の　断　面



附図 3-B 塩 素 量 の 断 面

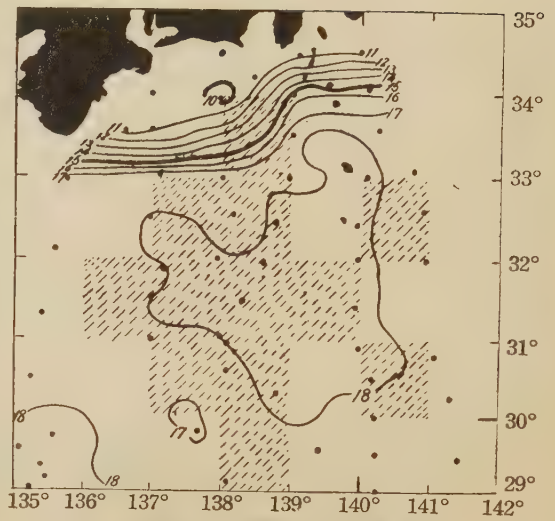


附図 3 C σ_t の 断 面

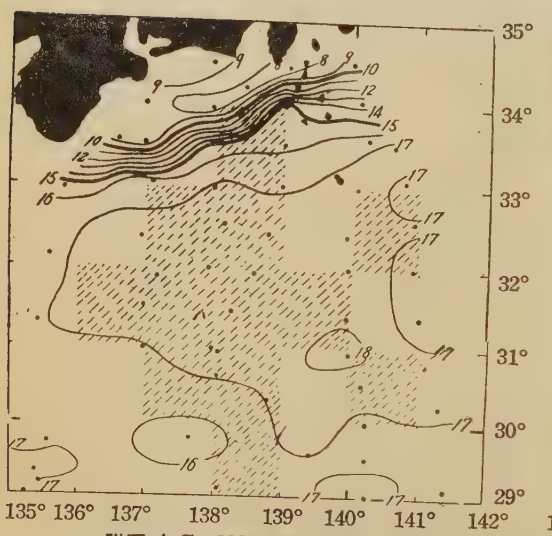


附図 4　昭和 26 年 4 月 16 日～5 月 4 日の水温および塩素量の水平分布。斜線を引いた部分は総漁獲量 15,000 貫以上の枡目である。

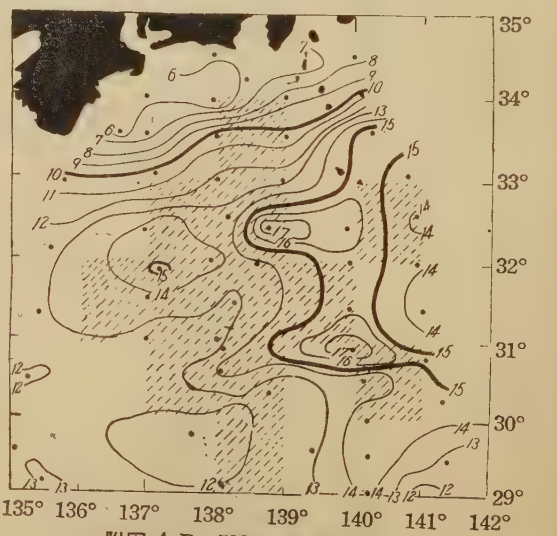
A 100m 層 水 温 分 布



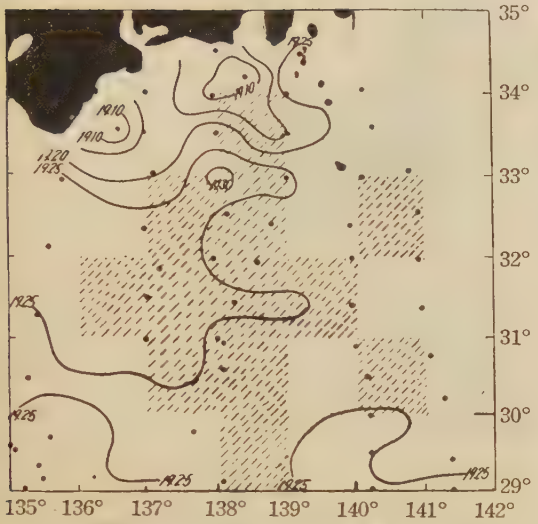
附図 4-B 200m 層 水 温 分 布



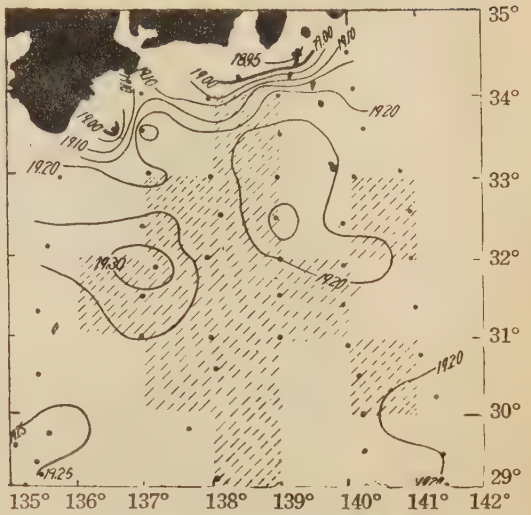
附図 4-C 300m 層 水 温 分 布



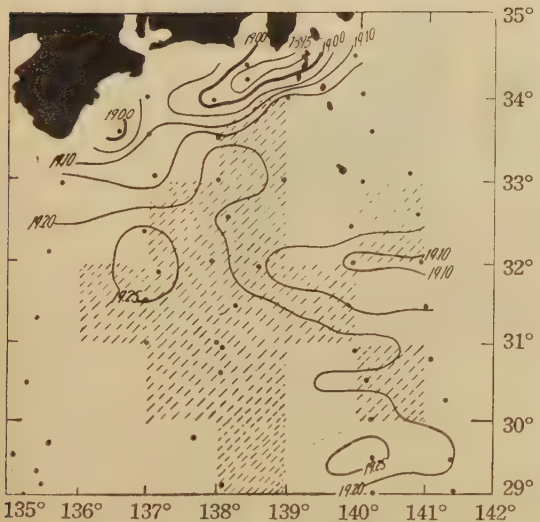
附図 4-D 500m 層 水 温 分 布



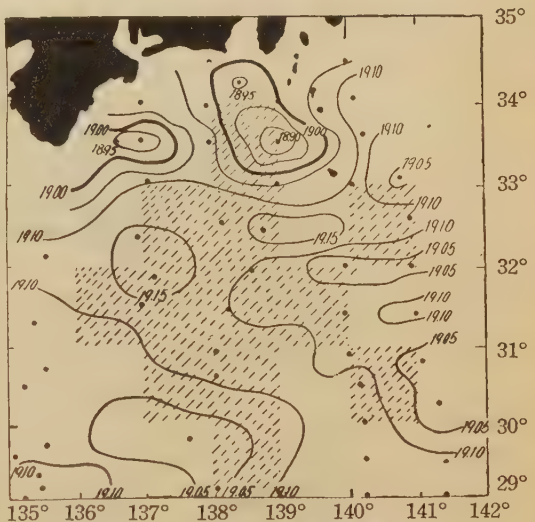
附図 4-E　100m 層塩素量分布



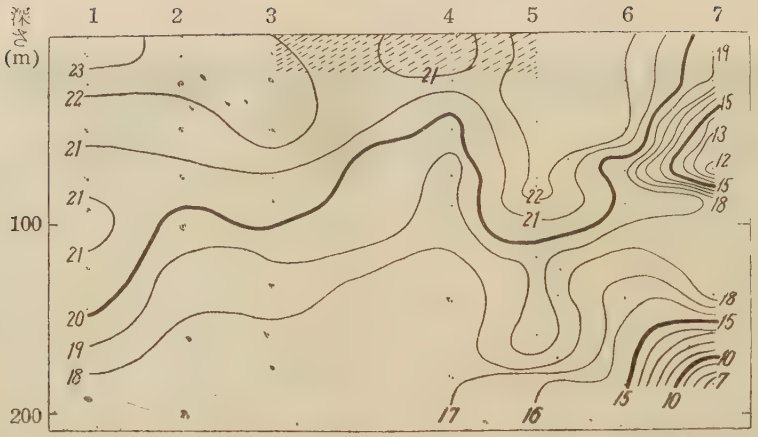
附図 4-F　200m 層塩素量分布



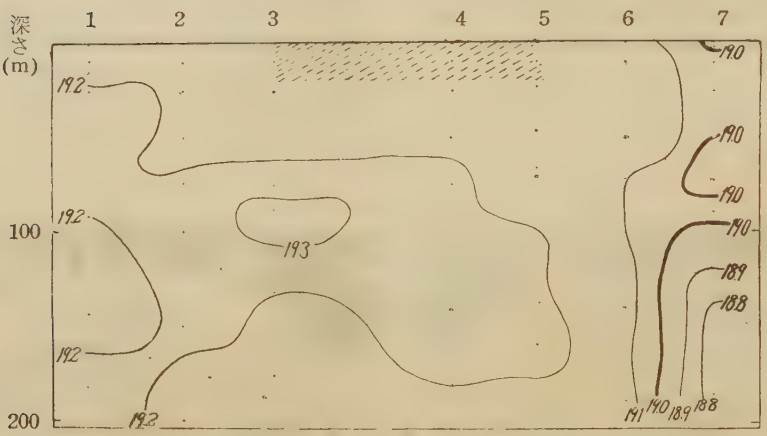
附図 4-G　300m 層塩素量分布



附図 4-H　500m 層塩素量分布

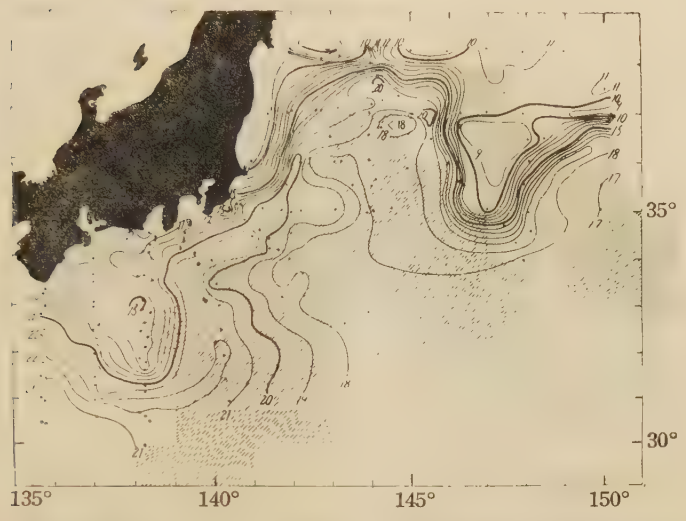


附図 5　昭和26年6月14～16日の共盛丸による銚子沖の観測。測点番号については第5図を参照。斜線を引いた部分は漁場位置である。
A　水温の断面

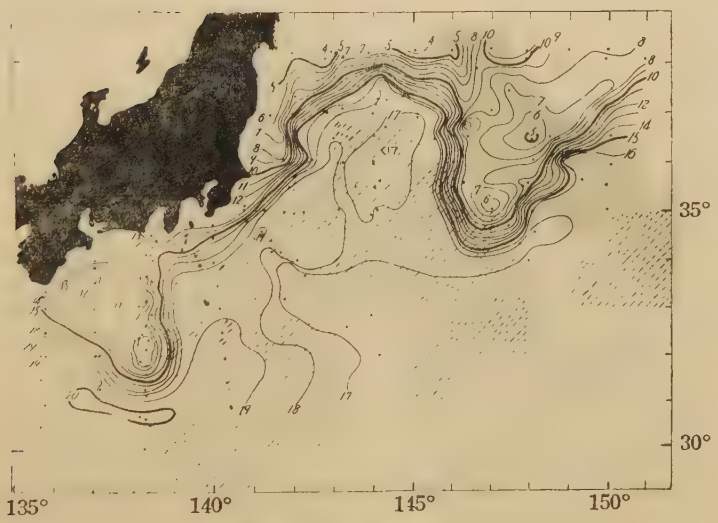


附図 5-B　塩素量の断面

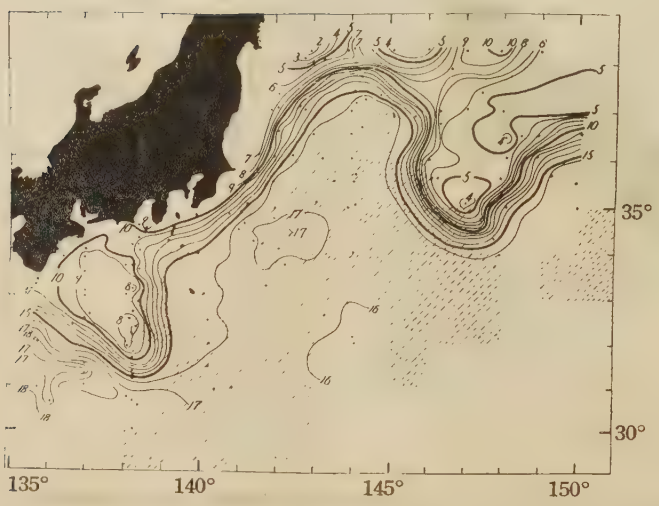
附図 5-C　σ_t の断面



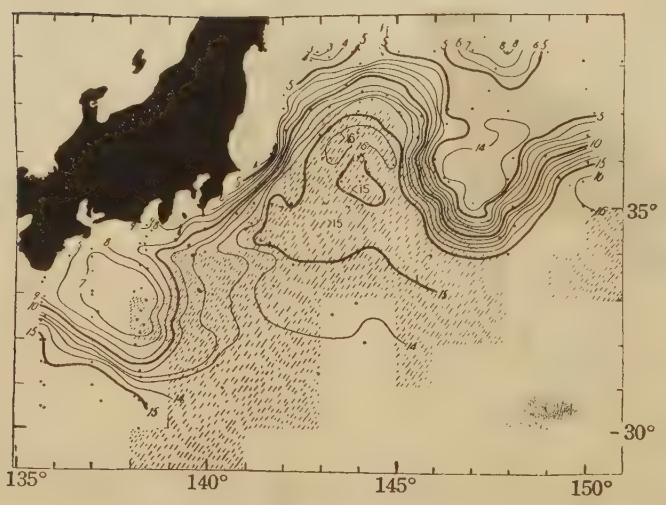
附図 6　昭和30年5月7～31日の水温・塩素量および溶存酸素量の水平分布。斜線を引いた部分は総漁獲量 15,000 貫以上の枡目である。　A 100m 層水温分布



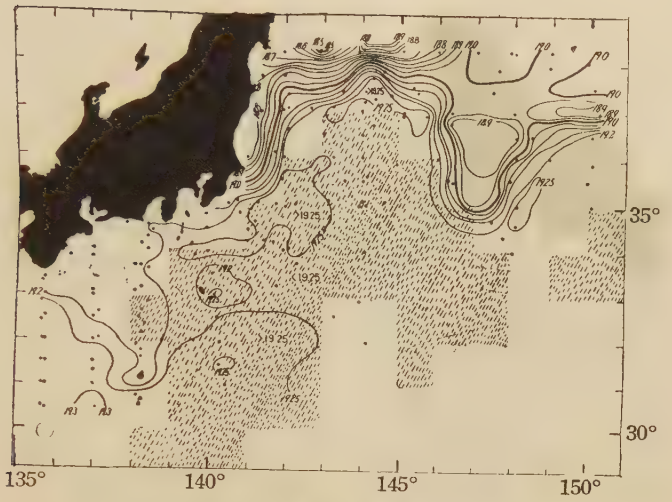
附図 6 B　200m 層水温分布



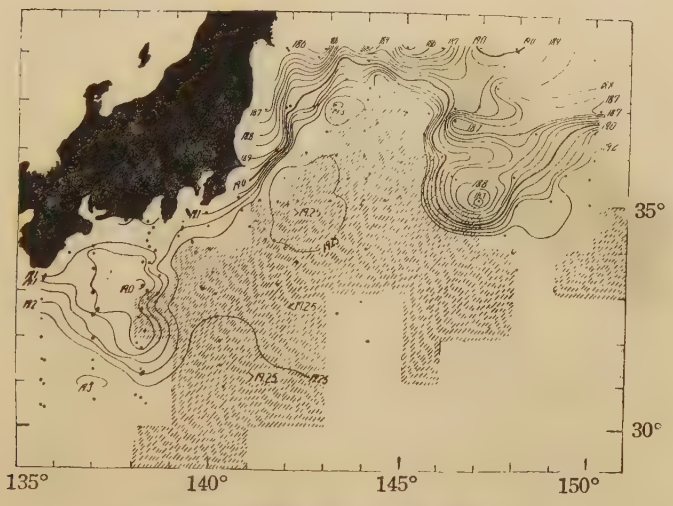
附図 6-C　300m 層 水 温 分 布



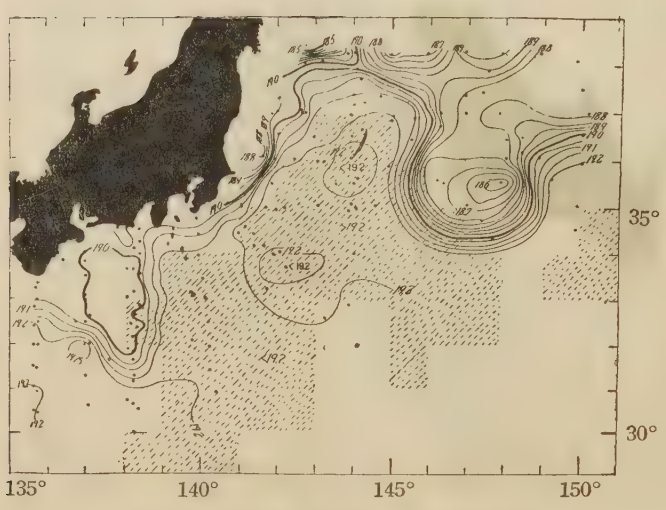
附図 6-D　400m 層 水 温 分 布



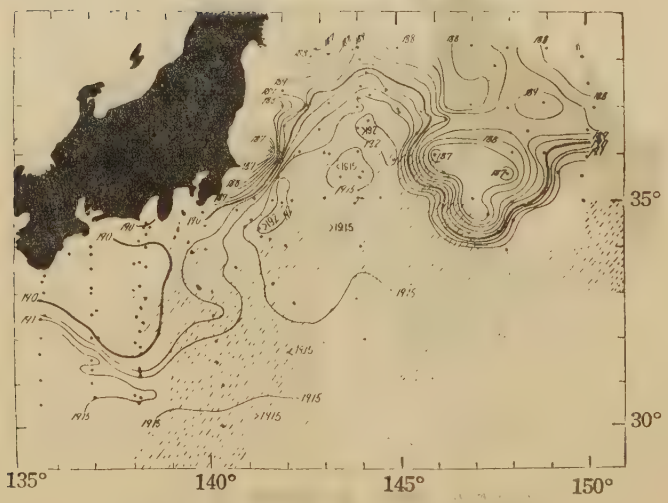
附図 6-E　100m 層 塩 素 量 分 布



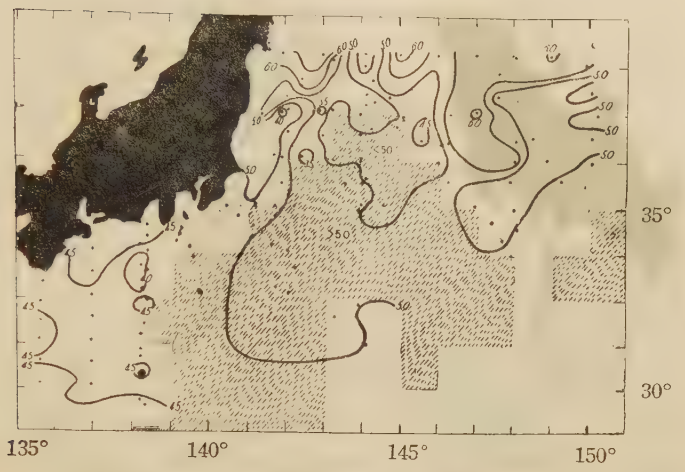
附図 6-F　200m 層 塩 素 量 分 布



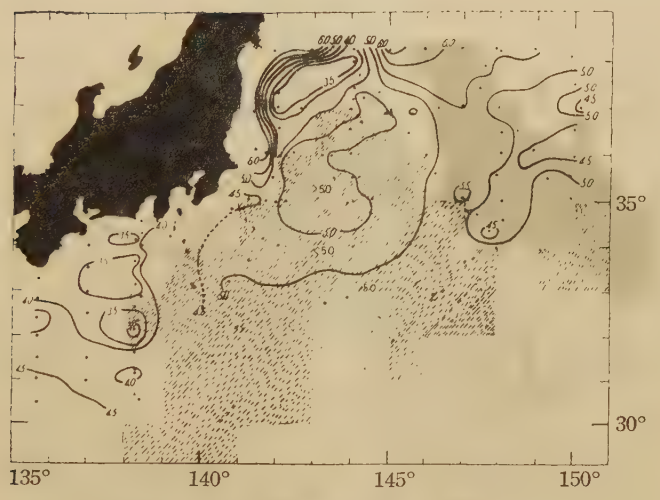
附図 6-G　300m 層 塩 素 量 分 布



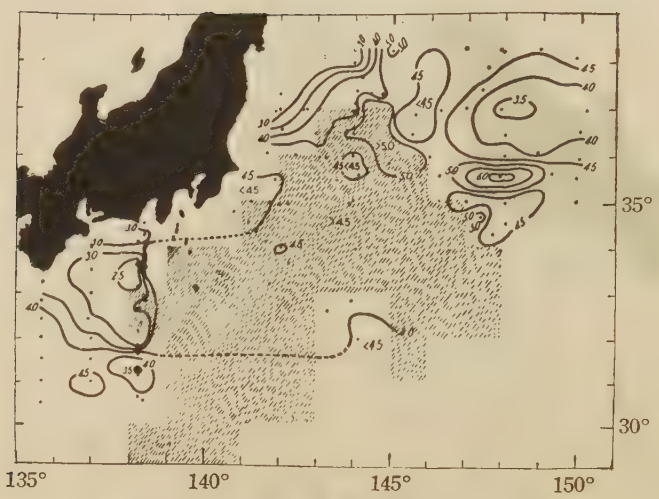
附図 6 H　400m 層 塩 素 量 分 布



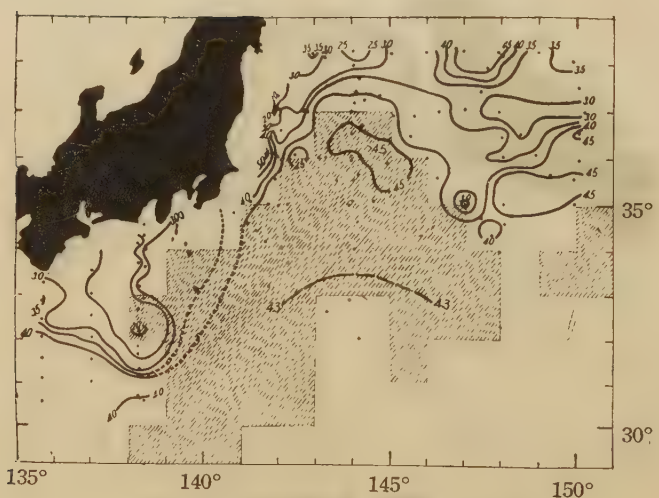
附図 6-I　100m 層 酸 素 量 分 布



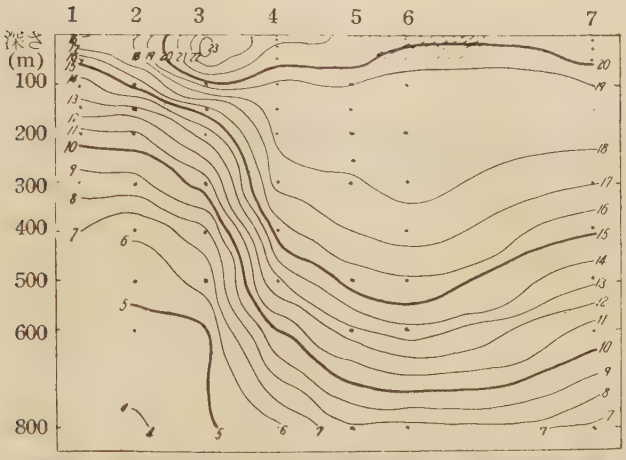
附図 6-J　200m 層 酸 素 量 分 布



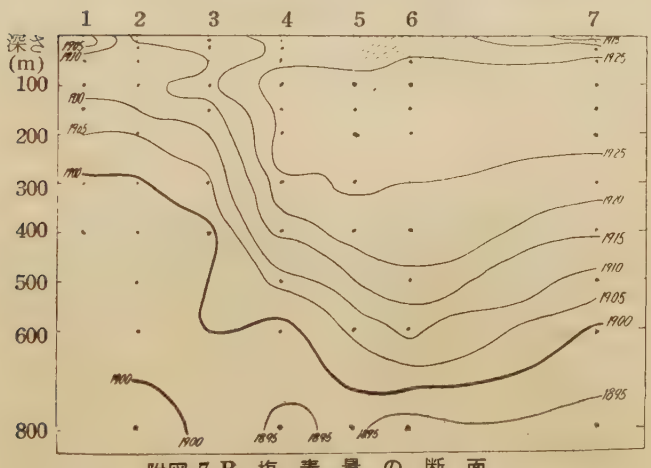
附図 6-K　300m 層 酸 素 量 分 布



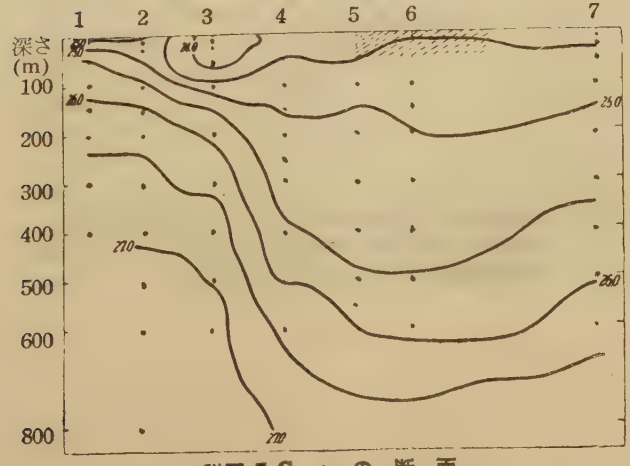
附図 6-L　400m 層 酸 素 量 分 布



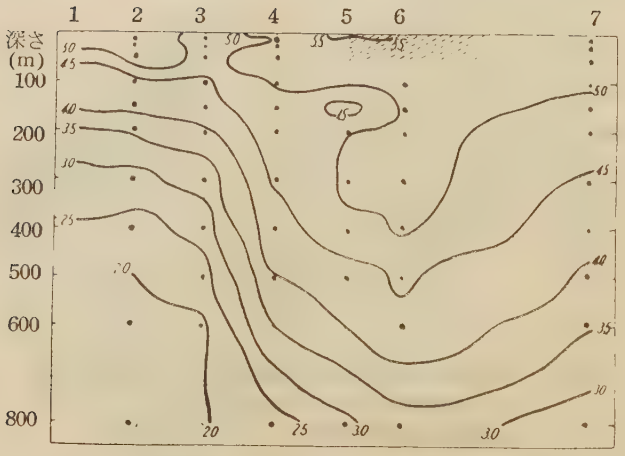
附図 7　昭和 31 年 5 月 12･13 日の明洋丸による遠州灘沖の観測。測点番号については第 9 図を参照。斜線を引いた部分は漁場位置である。　A 水温の断面



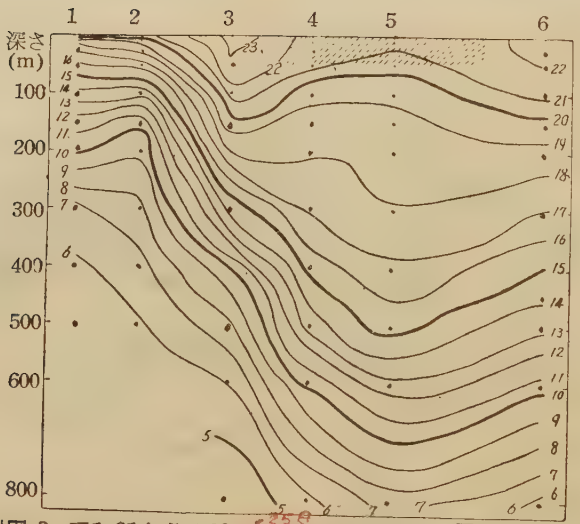
附図 7-B　塩　素　量　の　断　面



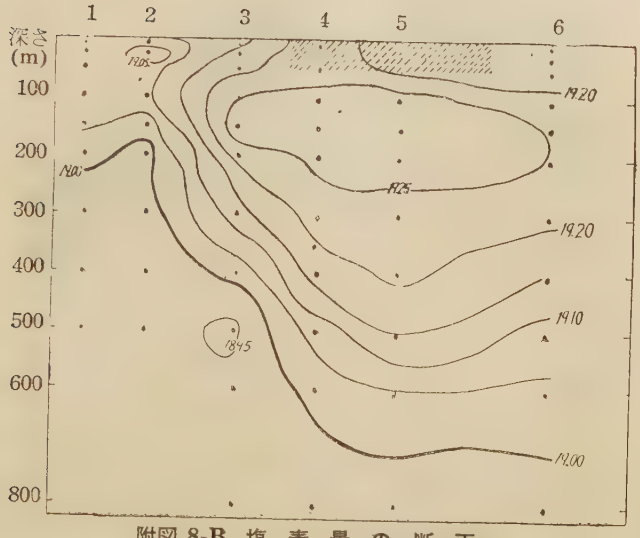
附図 7-C　σ_t　の　断　面



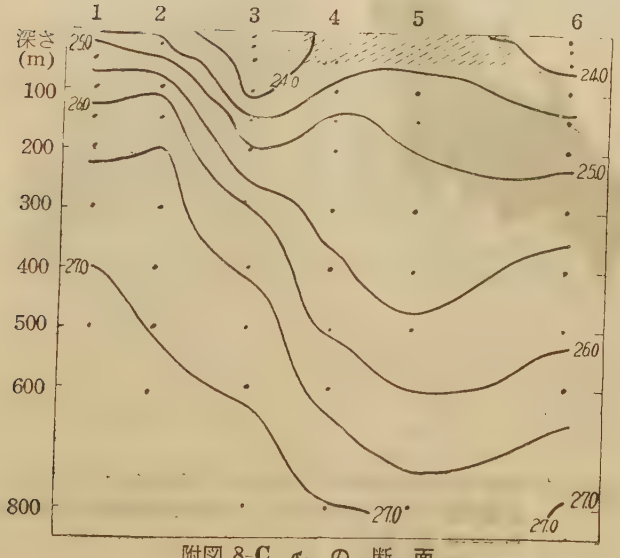
附図 7-D　酸素量の断面



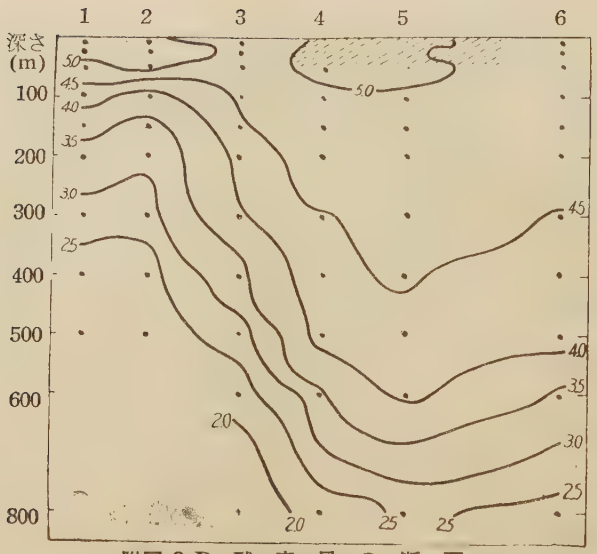
附図 8　昭和31年5月23日の明洋丸による石室崎南の観測。斜線を引いた部分は漁場位置。測点番号については第10図参照。　　A 水温の断面



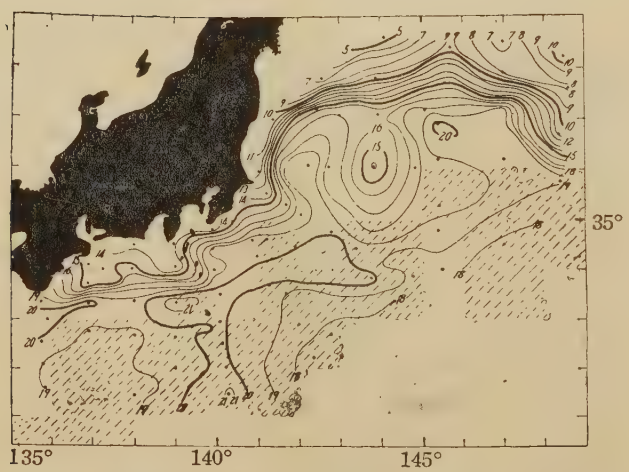
附図 8-B 塩 素 量 の 断 面



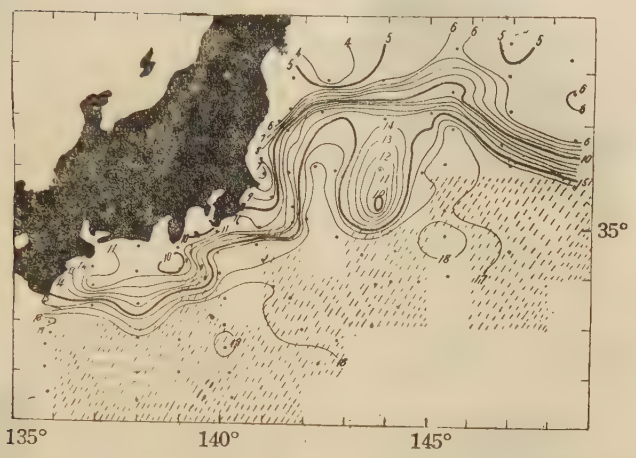
附図 8-C σ_t の 断 面



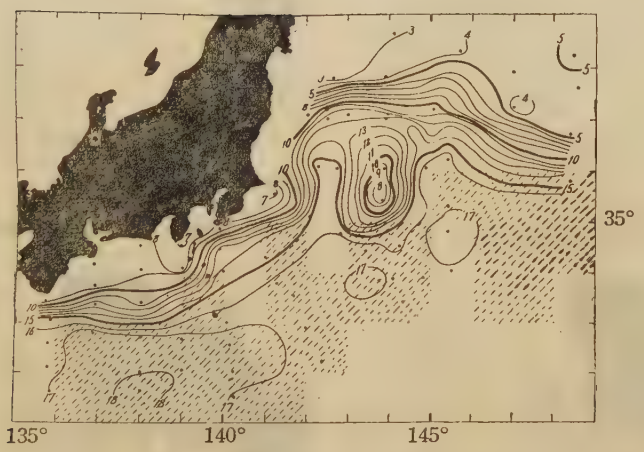
附図 8-D　酸　素　量　の　断　面



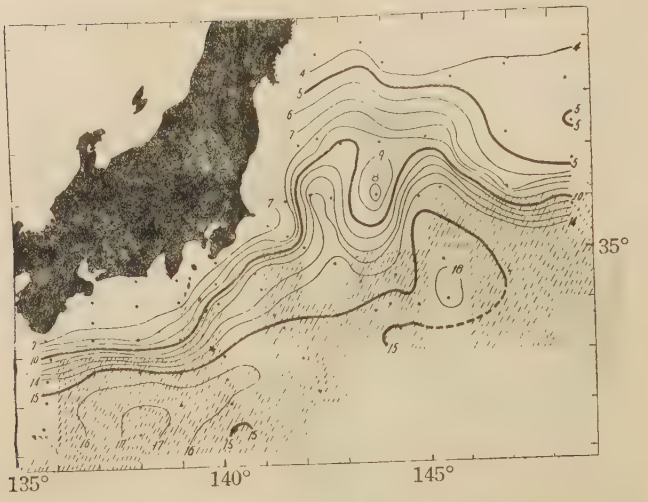
附図 9　昭和31年5月10～27日の水温・塩素量および溶存酸素量の水平分布。斜線を引いた部分は総漁獲量15,000貫以上の枡目である。
A　100m層水温分布



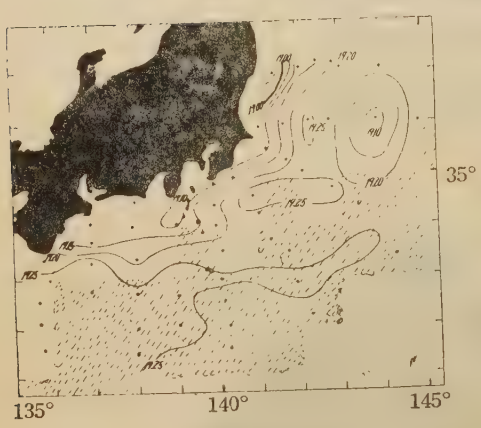
附図 9-B　200m 層水温分布



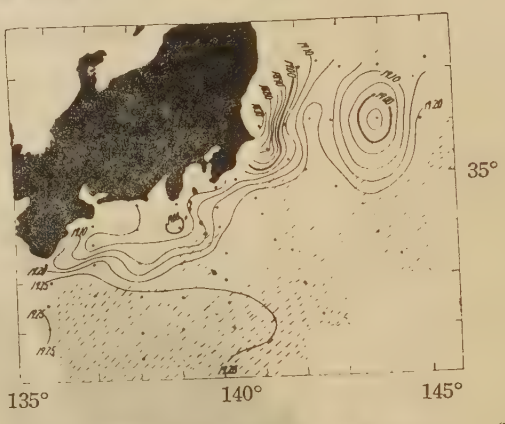
附図 9-C　300m 層水温分布



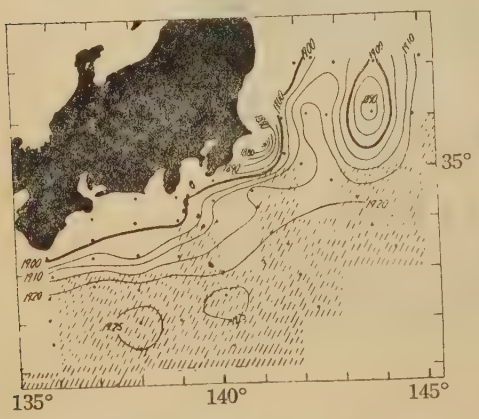
附図 9 D　400m 層水温分布



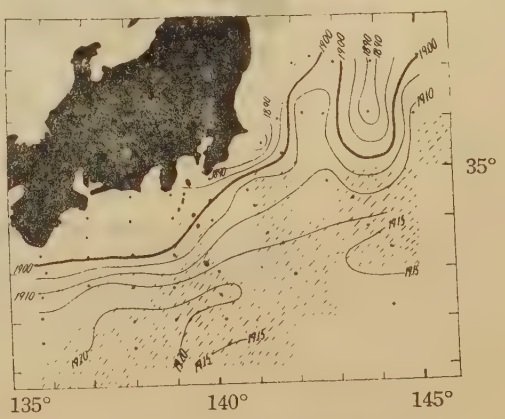
附図 9-E　100m 層塩素量分布



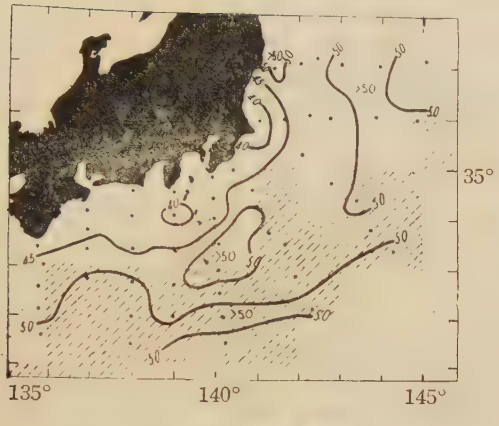
附図 9-F　200m 層塩素量分布



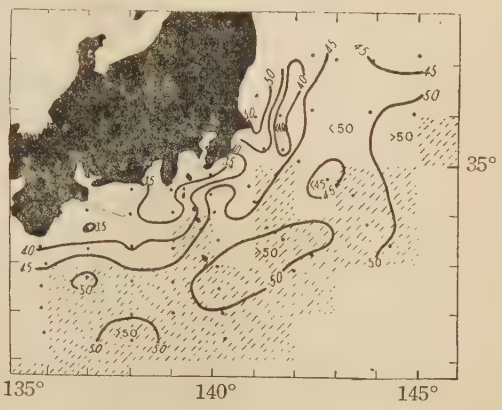
附図 9-G　300m 層塩素量分布



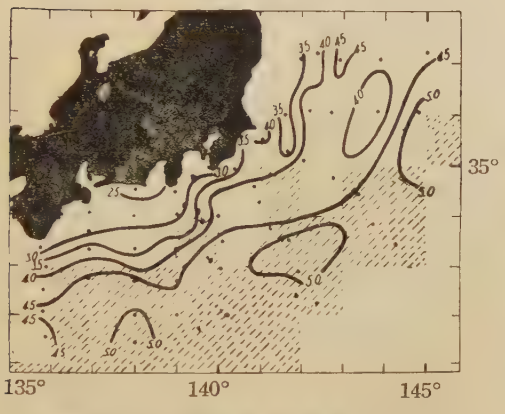
附図 9-H　400m 層塩素量分布



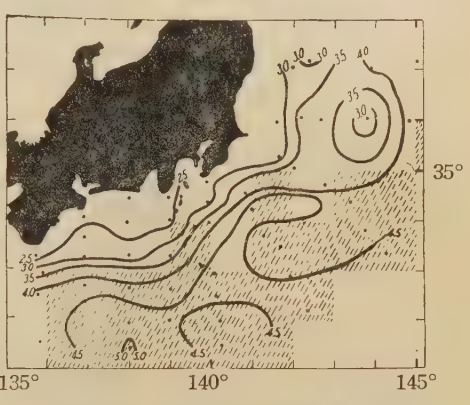
附図 9-I　100m 層酸素量分布



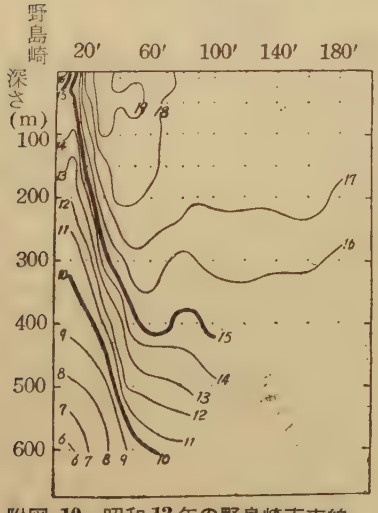
附図 9-J 200 m層酸素量分布



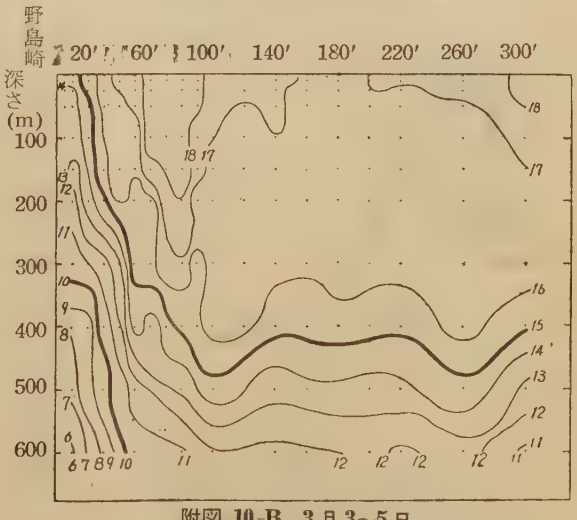
附図 9-K　300m 層酸素量分布



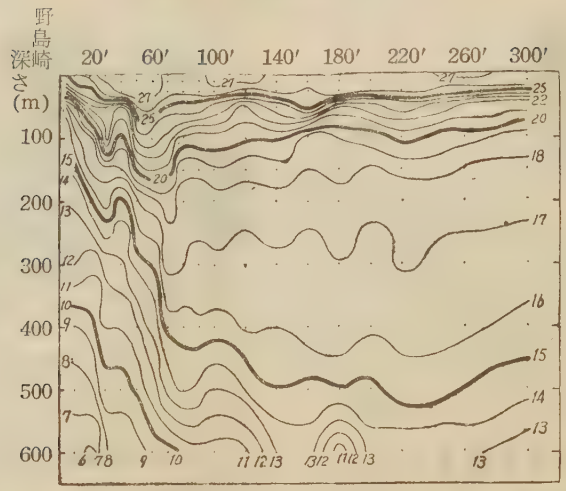
附図 9-L　400m 層酸素量分布



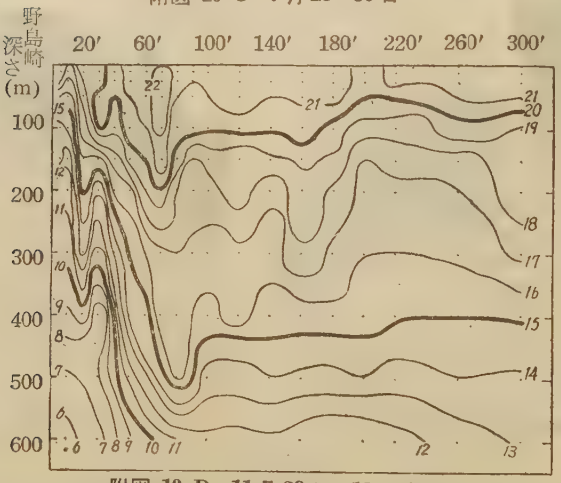
附図 10　昭和 13 年の野島崎南東線の水温鉛直分布。
A　1 月 10～12 日



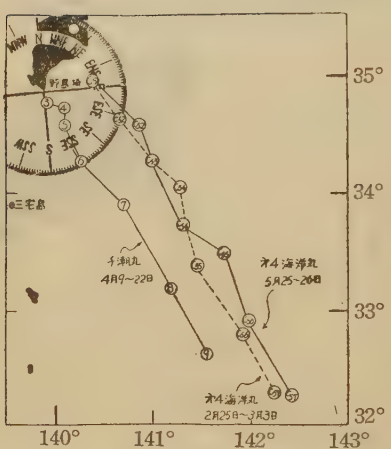
附図 10-B　3 月 3～5 日



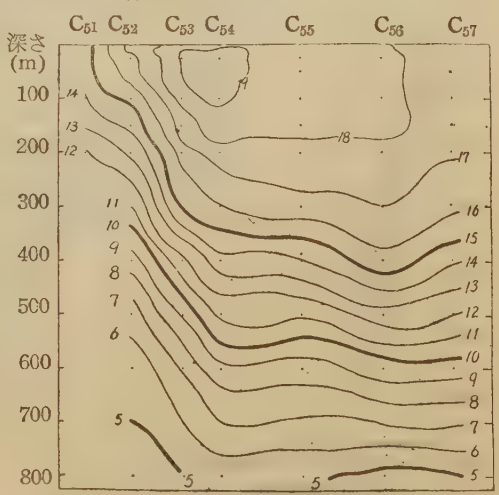
附図 10-C　7月28～30日



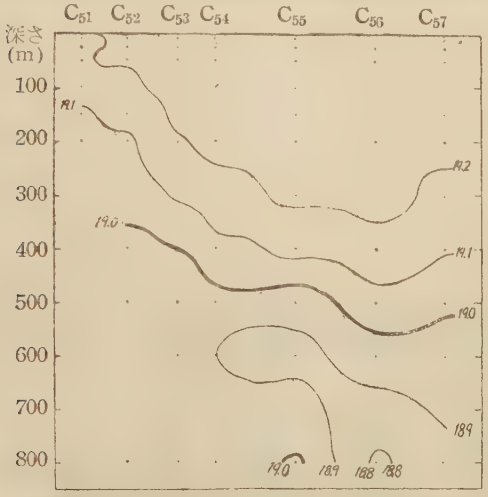
附図 10-D　11月29日～12月1日



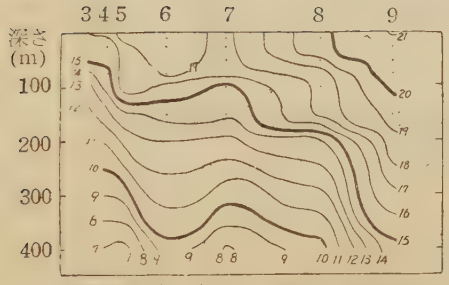
附図 11-A　昭和31年の野島崎南東の観測線。



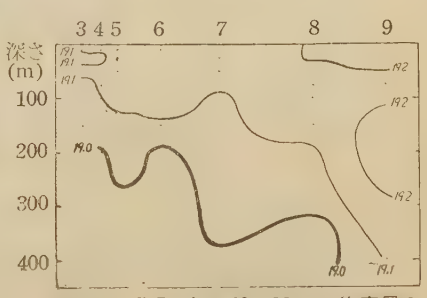
附図 11-BI　2月25日～3月3日の水温の断面。測点番号についてはA参照。



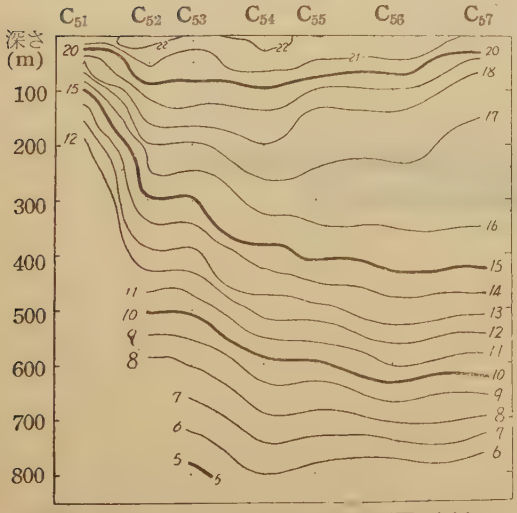
附図 11-BII　2月25日～3月3日ののの塩素量の断面。測点番号については A 参照。



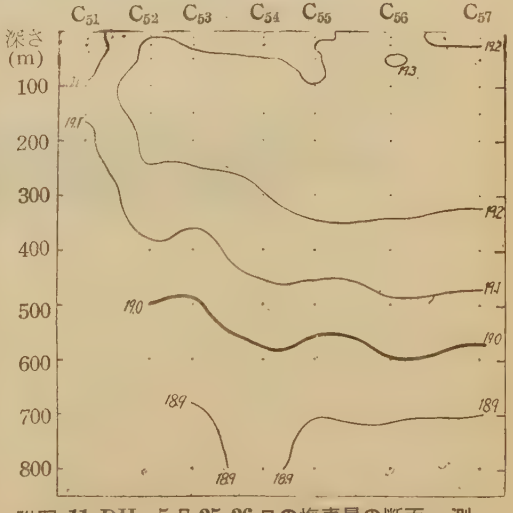
附図 11-CI　4月19～22日の水温の断面。測点番号については A 参照。



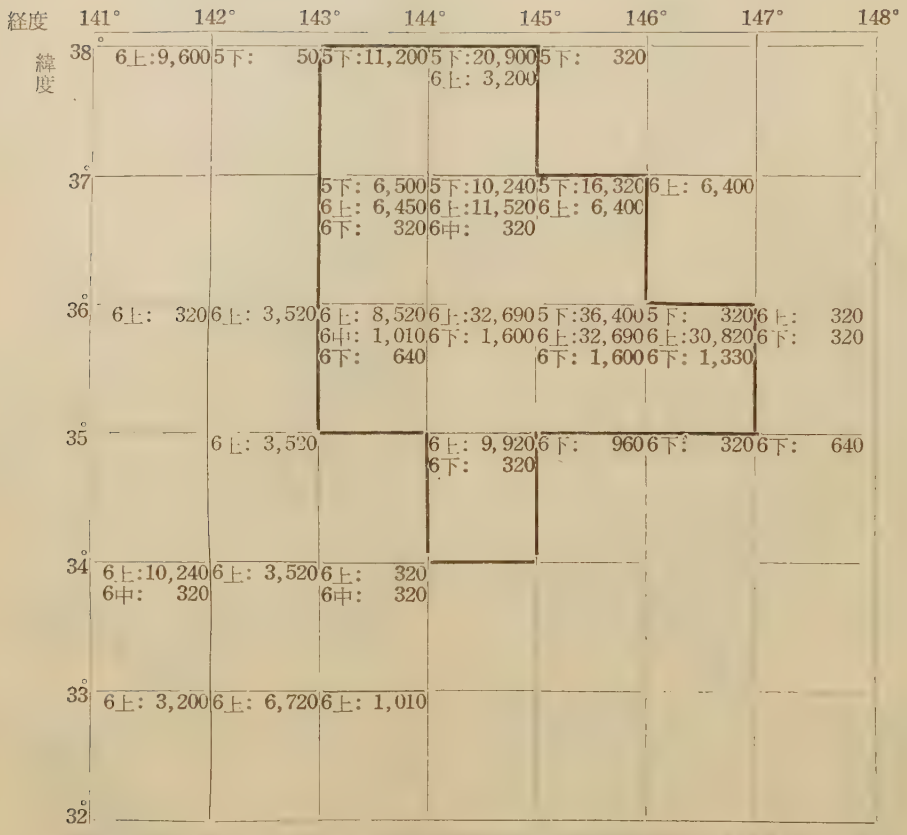
附図 11-CII　4月19～22日の塩素量の断面。測点番号については A 参照。



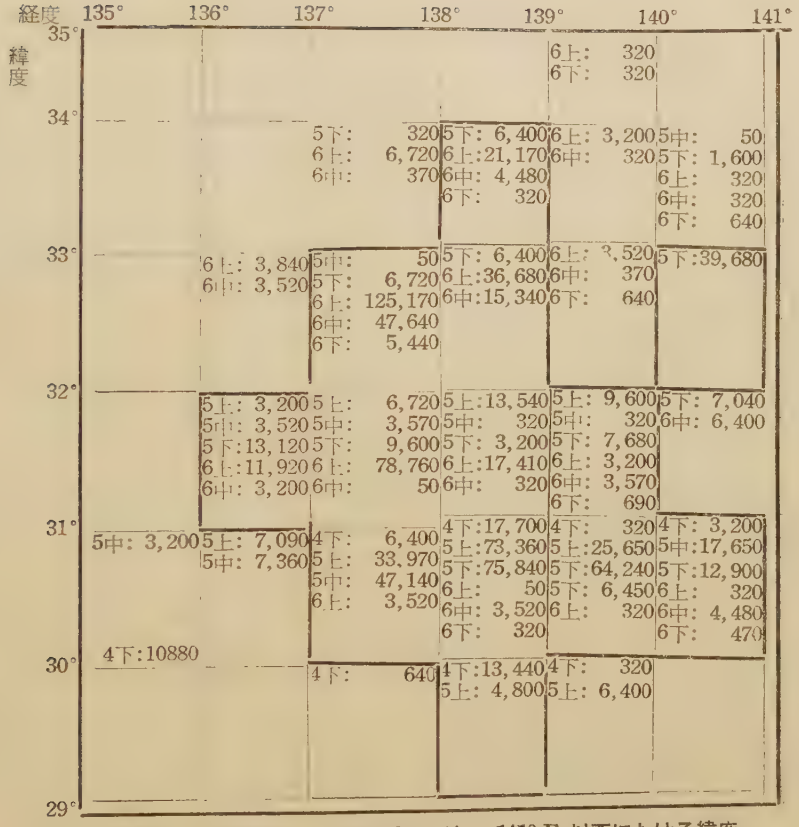
附図 11-DI　5月25･26日の水温の断面。測点番号については A 参照。



附図 11-DII　5月25･26日の塩素量の断面。測点番号については A 参照。



附表 1　昭和25年5月下旬～6月下旬の緯度経度1度枡目毎の旬別の漁獲量(単位: 貫)。
太線で囲んだ部分は総漁獲量 10,000 貫以上の場合である。



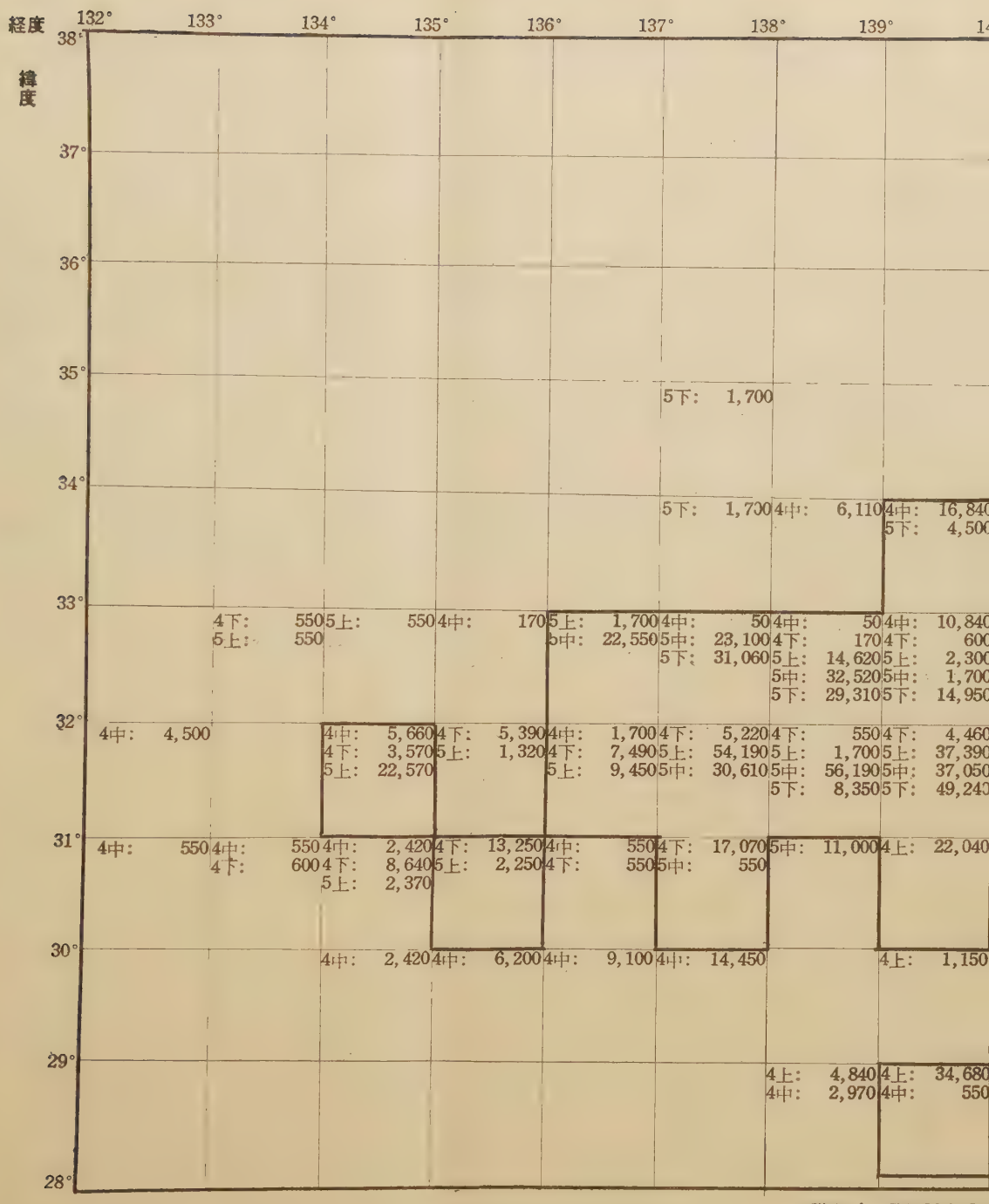
附表 2　昭和 26 年 4 月下旬～6 月下旬の 141° E 以西における緯度経度 1 度枡目毎の旬別の漁獲量（単位：貫）。太線で囲んだ部分は総漁獲量 15,000 貫以上の場合である。

緯度＼経度	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
38°								6中: 2,210		
37°						5下: 5,500 6中: 3,450	6上: 18,670 6中: 13,700	6上: 11,470 6中: 64,660 6下: 7,200	6中: 8,190	
36°					5中: 1,750 5下: 1,920 6上: 5,500	5中: 7,830 5下: 6,420 6上: 6,050 6中: 4,550 6下: 550	6上: 44,190 6中: 38,380	5中: 1,700 6上: 48,840 6中: 53,330 6下: 3,870	5下: 5,500 6上: 220 6中: 4,090 6下: 8,040	6上: 1,7 6下: 1
35°		4下: 1,700	4下: 1,700 5上: 550 5中: 550	3下: 50 5上: 2,250 5中: 4,070	5上: 21,890 5中: 15,470 5下: 11,870 6上: 6,050	5上: 1,700 5中: 29,220 5下: 5,890 6上: 4,550 6中: 550	5中: 11,120 5下: 4,080 6上: 66,920 6中: 7,880	5中: 5,100 5下: 2,300 6上: 27,410 6中: 26,570	5下: 5,990 6上: 20,270 6中: 2,300 6下: 100 7中: 170	5下: 7 6上: 19,5 6中: 5
34°		4中: 720 5上: 1,270 5中: 1,700 5下: 50	3下: 150 4上: 50 4中: 38,420 4下: 11,360 5上: 34,240 5中: 550 5下: 5,500	3下: 100 4上: 100 4中: 8,350 4下: 33,000 5上: 119,140 5中: 14,250 5下: 2,640	4下: 11,000 5上: 19,160 5中: 50,390 5下: 6,390 6上: 2,250	5中: 29,650 6上: 1,100	5中: 12,380 5下: 17,060 6上: 21,520 6下: 550	5下: 10,900 6上: 11,870 6中: 4,840	5中: 550 5下: 93,320 6上: 5,860	5下: 29,5 6上: 49,5
33°		3下: 50 4上: 3,140 4中: 8,620 5上: 6,220	3下: 940 4上: 27,000 4中: 80,250 4下: 1,270 5上: 32,870 5中: 170	3下: 720 4中: 550 4下: 51,380 5上: 117,140 5中: 24,290 5下: 1,700	4下: 7,920 5上: 11,590 5中: 49,630 5下: 6,050	5上: 2,970 5中: 2,970 5下: 550	5上: 550 5下: 770	5下: 5,500	5上: 550 5下: 67,300 6上: 4,620 6下: 16,500	5下: 46,15 6上: 11,77
32°	4上: 5,500	4上: 3,950 4中: 1,870	3下: 3,450 4上: 15,330 4中: 41,030 4下: 21,610 5上: 15,820	4中: 2,250 4下: 81,330 5上: 55,760 5中: 1,700	5上: 16,920 5中: 1,870	5上: 34,140 5中: 3,950 5下: 5,500			5下: 17,050 6上: 1,700	5下: 8,84 6上: 2,97
31°	4上: 1,700	4上: 550	4上: 2,800 4中: 43,640 4下: 8,460	4中: 13,420 4下: 50,660 5上: 36,370	4下: 1,700 5上: 14,670	5下: 5,500	5上: 5,500			
30°	4上: 3,140	4上: 36,050 4中: 1,100	3下: 23,720 4上: 5,650 4下: 2,250	3下: 12,020 4上: 1,700 4下: 3,400						
29°			3下: 8,900 4上: 720	3下: 7,620 4上: 2,250						
28°				3下: 50						
27°										

附表 3　昭和30年3月下旬～7月上旬の158°E以西の緯度経度1度枡目

148°	149°	150°	151°	152°	153°	154°	155°	156°	157°	158°
		6中: 170								
1,700	6下: 2,250	6中: 390 6下: 510	6下: 6,660	6下: 1,650			7上: 50			
5,280 8,500	6上: 1,380 6中: 4,460	6上: 220 6中: 12,420 6下: 170	6上: 220 6中: 28,450 6下: 5,340 7上: 21,100	6上: 12,760 6中: 49,540 7上: 20,310	6上: 340 6下: 15,160	6下: 3,860 7上: 6,220		6中: 5,050 6下: 2,040	6中: 600 6下: 8,260	6下: 1,870 7上: 9,020
4,240 159,490 170	6上: 12,230 6中: 170	6上: 12,810 6中: 1,920 6下: 340	6上: 10,400 6中: 25,660 6下: 2,320	6上: 28,270 6中: 7,090 6下: 25,720	6上: 5,280 6中: 19,250 6下: 40,130	6中: 1,200 6下: 40,870 7上: 6,220	6中: 5,810 6下: 7,890 7上: 21,100	6中: 720 6下: 21,240 7上: 2,420	6下: 37,980 7下: 8,900	6下: 19,320 7上: 2,470
11,770 4,790	6上: 5,440 7上: 550				6下: 340				7上: 1,100	7上: 6,660
550	6上: 550									
550										

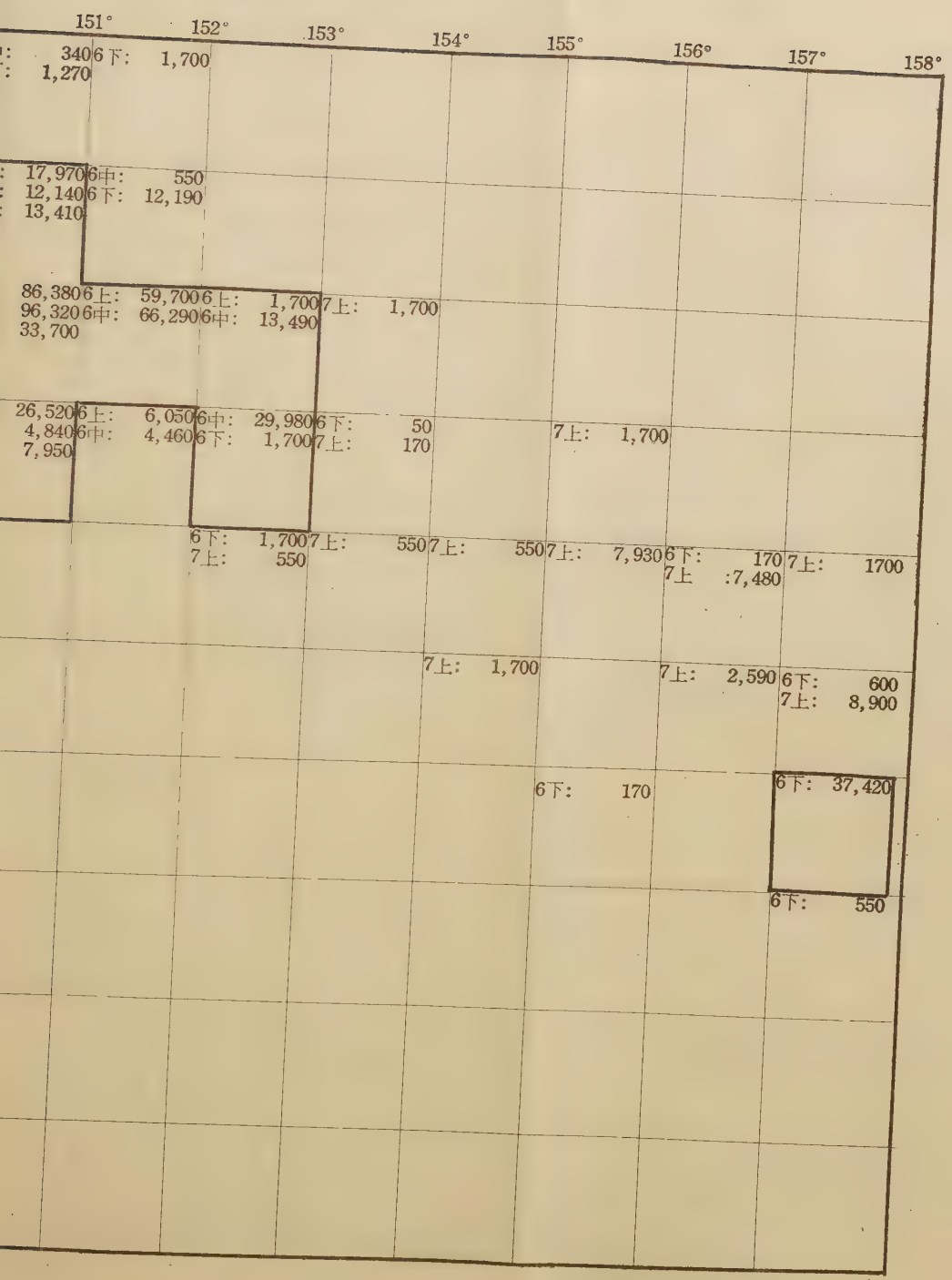
別の漁獲量（単位：貫）。太線で囲んだ部分は総漁獲量 15,000 貫以上の場合である。


経度
緯度
132°
133°
134°
135°
136°
137°
138°
139°
38°
37°
36°
35°
34°
33°
32°
31°
30°
29°
28°
5下: 1,700
5下: 1,700 4中: 6,110 4中: 16,840 5下: 4,500
4下: 550 5上: 550 4中: 170 5上: 1,700 4中: 50 4中: 50 4中: 10,840
5上: 550 5中: 22,550 5中: 23,100 4下: 170 4下: 600
5下: 31,060 5上: 14,620 5上: 2,300
5中: 32,520 5中: 1,700
5下: 29,310 5下: 14,950
4中: 4,500 4中: 5,660 4下: 5,390 4中: 1,700 4下: 5,220 4下: 550 4下: 4,460
4下: 3,570 5上: 1,320 4下: 7,490 5上: 54,190 5上: 1,700 5上: 37,390
5上: 22,570 5上: 9,450 5中: 30,610 5中: 56,190 5中: 37,050
5下: 8,350 5下: 49,240
4中: 550 4中: 550 4中: 2,420 4下: 13,250 4中: 550 4下: 17,070 5中: 11,000 4上: 22,040
4下: 600 4下: 8,640 5上: 2,250 4下: 550 5中: 550
5上: 2,370
4中: 2,420 4中: 6,200 4中: 9,100 4中: 14,450 4上: 1,150
4上: 4,840 4上: 34,680
4中: 2,970 4中: 550

附表 4 昭和31年3月

141°	142°	143°	144°	145°	146°	147°	148°	149°
								6中: 1
		6上: 4,450	5下: 5,500	6上: 7,200	6上: 4,120	6中: 1,700	6下: 1,700	6上: 15 6中: 48 6下: 7
			6上: 2,640					
		6上: 2,250	5下: 2,800	5下: 19,450	5下: 8,900	6上: 25,100	6上: 60,850	6上: 179
		6中: 170	6上: 770	6上: 770	6上: 66,300	6中: 26,710	6中: 18,180	6中: 78
				6中: 3,400	6中: 9,170	6下: 1,270	6下: 4,160	6下: 10
中: 550	5上: 5,500	5中: 3,470	5下: 26,310	5下: 29,710	5下: 9,680	5下: 11,570	5下: 4,550	6上: 22,310	6上: *26
上: 550	5中: 36,780	5下: 3,700	6上: 550	6上: 720	6上: 2,250	6上: 44,430	6上: 33,820	6中: 28,240	6中: 26
	5下: 5,560	6上: 170		6中: 550	6中: 1,200	6中: 16,810	6下: 18,350	6下: 2
						6下: 10340		
上: 170	5上: 5,500	5中: 20,300	5中: 3,350	5下: 21,880	5下: 8,120	5下: 17,620	5中: 1,700	6上: 8,900	6上: 2
中: 690	5中: 34,310	5下: 12,450	5下: 28,870	6上: 550	6上: 7,470	5下: 23,130	6中: 1,600	6中:
下: 2,970	5下: 14,120					6上: 12,530	6下: 170	6下: 2
上: 550								
中: 50	5中: 76,320	5中: 16,210	5中: 11,480	5下: 340	5下: 8,410	5下: 2,470	5下: 9,570	
上: 550	5下: 5,500					6上: 2,250		
中: 15,240								
下: 8450								
上: 23,040	5上: 1,870	5上: 550						
中: 12,680	5中: 16,110							
下: 12,140								
: 170	5上: 550							
: 7,490								
: 1,100								
: 3,400								
: 5,320	4中: 5,550							
: 7,490								
: 1,100								
: 61,250	3下: 550							
: 4,150								

旬～7月上旬の 158°E 以西の緯度経度 1 度 桝目毎の旬別の漁獲量（単位：貫）。太線で囲んだ部分は総漁獲量 15,000 貫以上の場合で


151°
152°
153°
154°
155°
156°
157°
158°
340
1,270
6下: 1,700
17,970
12,140
13,410
6中: 550
6下: 12,190
86,380
96,320
33,700
6上: 59,700
6中: 66,290
6上: 1,700
6中: 13,490
7上: 1,700
26,520
4,840
7,950
6上: 6,050
6中: 4,460
6中: 29,980
6下: 1,700
6下: 50
7上: 170
7上: 1,700
6下: 1,700
7上: 550
7上: 550
7上: 550
7上: 7,930
6下: 170
7上 :7,480
7上: 1700
7上: 1,700
7上: 2,590
6下: 600
7上: 8,900
6下: 170
6下: 37,420
6下: 550

東北海区に於けるカタクチイワシに就いて※

小　達　繁

STUDIES ON THE LARVAL FISH OF THE JAPANESE ANCHOVY, *ENGRAULIS JAPONICA* (HOUTTUYN), IN THE NORTH-EASTERN SEA AREA OF JAPAN.

By

Shigeru ODATE

The writer studied the ecology, variation of the vertebral counts and the catch statistics of the japanese anchovy in the North-Eastern Sea Area. The samples of eggs and larvae were collected by a larva-net on the occasion of the oceanographical observations for the eight years, 1949 to 1956. The total number of the larvae collected amounted 13,500 individuals.

1) The larval fish (pre- and post-larva) of the anchovy in this sea area were abundantly distributed in the coastal region off the Jōban District in spring (May and June) and in the area of 200 to 400 miles off Sanriku and Hokkaidō in summer (August and September).

2) The mode of the body-length frequency varied by year and month. However, the larvae of 5 to 20mm in body-length were collected in large numbers by the larva-net.

3) The body-length of the offiing group collected in the sea area off Sanriku and Hokkaidō in summer was 5 to 15mm. It was presumed that they developed in this sea area, because the eggs of anchovy were collected there simultaneously. These larvae were captured around the Oyashio Front.

4) The water temperature in which eggs and larvae were collected was from 13° to 27°C. The larvae were captured in the lower water temperature zone of 17°C in spring and in the higher zone of 20°C in summer.

5) The mean number of the vertebral counts of the anchovy which were obtained in the area west of 143°E. Long. was 45.21 in July and 45.10 in August. The mean vertebral number of fish caught in the eastern sea area was 45.30. There was a stochastically significant difference between the mean vertebal counts of the two groups.

6) The eggs and larvae of the sardine, *Sardinops melanosticta* (TEMMINCK et

※ 東北海区水産研究所業績　第94号

SCHLEGEL) and the round herring, *Etrumeus micropus* (TEMMINCK et SCHLEGEL) were collected in the same course of the investigation. But their number was very few.

ま　え　が　き

昭和初期のイワシ類の年平均漁獲量は（大正14年～昭和13年の平均、東海水研1955）、2億8千万貫と云われ、昭和11年には最大の4億3千万貫に達した。併し戦後昭和24年～30年の年平均漁獲量は約1億6千万貫で、略々半分程度に減少している。そして我国の沿岸漁業は第2次大戦を境に、この様なイワシ漁業の変動を中心に著しくその様相を変えつつあり、沿岸漁獲物としてはアジ・サバ・サンマ・スルメイカ等が激増している。亦イワシ類の漁獲量も、戦前の大漁時代には大体マイワシが70%内外を占めていたが、戦後はこれが減少し、カタクチイワシの方が多くなつて来た。これと共に日本近海の漁場の変遷も著しいと云われている。

過去に於いて我国の最も重要な漁業であつたイワシ類の中、マイワシについては古くから各方面の研究が行われ、特に戦後その不漁対策として全国的規模で実施されているイワシ資源調査はかなりの成果を挙げている様である。併しカタクチイワシについては近年その漁獲量の増大と共に各種の研究がなされる様にはなつたが、未だ生活史・生態等について充分解明されておらず、資源研究の面でこれらの解決が要望されている現状である。

本報告は主として東北海区沖合全域に亘つて採集されたカタクチイワシシラスを中心に、統計資料或は従来の研究も参照して、此の海区に於けるカタクチイワシの占める意義について考察したものである。シラスの採集はすべて海洋調査の際表層曳き稚魚網（5分間曳航）で採捕したもので、10%フォルマリンで固定し、体長(吻端より尾柄肉質部末端まで)及び脊椎骨数等を計測した。尚同時に此の方法で採集したマイワシ・ウルメイワシシラスについても最後の部分に若干の考察が述べてある。

1949年から1956年の期間、これらの海洋調査に協力された関係各県の調査担当官並びに試験船乗組員各位、水産庁調査船蒼鷹丸及び八戸支所第一旭丸の乗組員各位並びに各航海に調査員として乗船された本所海洋資源部諸氏の労苦に感謝する次第である。

亦本稿の為に御指導と御校閲をわづらわした本所所長太村喜之助博士並びに御助言を得た堀田技官には厚く御礼申し上げる。尚卵・稚仔の査定について御教示を戴いた東海区水研資源部長中井技官並びに服部技官、亦1949年から1951年の資料の一部を測定された東北大学農学部水産学科関野清成氏等には深く謝意を表するものである。

I　東北海区*のイワシ漁業の位置

* 東北海区とは、海面では野島崎南々東より以北、北海道東方より以南の水域で、沖合は東経160°E附近までを指す。但し漁獲量の場合は、農林統計の太平洋北区及び北海道南区を取扱つた。

東海水研（1955）によれば、戰前日本沿岸總漁獲量の平均 60% 内外を漁獲していた東北・北海道（全域）のイワシ類は、戰後著しく減少し、略々全国総量の 10% 内外（但し北海道は太平洋岸のみ）となつた(第1表)。

これは戰前の年平均漁獲量の略々 1/5に相当し、魚種組成ではマイワシの減少が著しいものであつて、逆にカタクチイワシが増加している。即ち近年東北海区のイワシ類は全国総量の 10% 内外が漁獲され、大部分はカタクチイワシで占められている。このことは太平洋中区及び南区に於けるカタクチイワシの激増と関連しており、西海区及び日本海区では依然としてマイワシが主体であるのと比べて、両種の棲み分け的現象が認められるとされている。

第1表　東北海区イワシ類の漁獲量
（農林統計 太平洋北区・北海道南区）

年度＼種別	イワシ類漁獲量（千貫）	全国イワシ総量に対する比（%）	種別組成（%） カタクチイワシ	マイワシ	ウルメイワシ
1951	11,342	6.68	54.21	42.32	3.47
1952	16,026	9.43	73.32	24.28	2.38
1953	14,646	8.58	63.16	35.83	1.00
1954	16,738	10.50	80.78	18.26	0.94
1955	19,687	11.03	87.45	11.89	0.64

（1951 年は 4 月から 12 月までの集計）

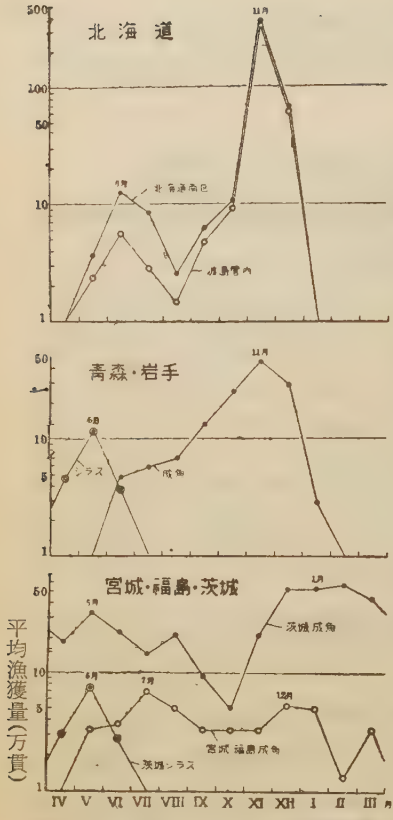
東北海区に於けるこれらのイワシの大部分は旋網（2そう旋揚繰巾着網）及び定置網で漁獲され、小量がその他の底曳網類・刺網類・釣漁業・延縄漁業・地曳網類で漁獲されるに過ぎない(第2表)。特にカタクチイワシは大部分が旋網で漁獲され、シラスは70%以上が船曳網である。

第2表　漁業別漁獲量比（太平洋北区）

年度＼種別	魚種	漁獲量（千貫）	旋網（%）	定置網（%）	船曳網（%）	敷網（%）	その他（%）
1952	イワシ類	10,396	66.01	26.95	0.01	0	7.03
	カタクチイワシ	6,420	62.28	30.24	0	0	7.47
	シラス	--	—	—	—	—	—
1953	イワシ類	10,829	61.53	29.81	2.65	1.13	4.48
	カタクチイワシ	5,310	68.54	28.47	0.02	0	2.97
	シラス	417	—	2.15	68.10	29.25	0.50
1954	イワシ類	11,013	72.96	23.33	1.77	0	1.94
	カタクチイワシ	7,871	73.31	24.96	0.06	0	1.67
	シラス	196	—	1.02	96.93	0.51	1.54
1955	イワシ類	14,999	67.83	21.49	2.39	1.06	7.23
	カタクチイワシ	12,096	82.06	17.05	0.01	0	0.88
	シラス	525	--	1.14	68.00	30.28	0.58

亦農林統計によつて近年のカタクチイワシ月別漁獲量の推移をみると第1図の様になる。即ち 1951 年から 1955 年の5ケ年間の平均漁獲量で、北海道渡島管内は東北海区総漁獲量の 37%、茨城県は 31% で、合計して過半を占める。宮城県以南の常磐水域では略々周年に亘つて漁獲されているが、一般に春・秋の2回に漁獲の山がみられ、北海道では 11 月の漁が圧倒的に多く、春季は6月に若干漁獲される。太平洋岸中部の岩手・青森の両県では、6 月以降漸増し、11 月に漁獲の山が一つあるだけである。亦シラスは茨城・岩手・青森の各県で5月を中心に漁獲される。

茨城県の常磐南部近海のものは、非常に多量に漁獲されている千葉県及びその以西水域のカタ



第1図　カタクチイワシ 平均漁獲量の月変動（太平洋北区 1951年～'55年　農林統計）

クチイワシと連続しているものとみられる。これらの漁場は極く沿岸の水域であつて、現在のところ東北海区に於けるイワシ漁業はこれらの接岸する資源を利用しているものの様である。魚体はシラスから 18cm 前後の大型魚に至る各種体長群が漁獲されるが、7cm 前後の所謂当才魚と、12cm 前後の 1 才魚又は 2 才魚と推定される中型群が主体をなしている様である（東海水研 1951～1954 B 集、北水研 1951～1953 B 集）。亦シラスも東海区に比べては非常に小量ではあるが漁獲されている。

II 卵・稚仔の分布

卵・稚仔の分布状態を知ることは総産卵量或いは総親魚量等の資源解析の為に必要であり、亦この様な目的をもつ産卵場調査は、何れも空間と時間で合成された或水域に於ける総産卵量或いは稚仔の分布量等を推計する為の小標本調査と考えられる。そして卵・稚仔の分布の表示には、等量線による密度分布、或いは小単位に分割した水塊内の平均分布量等が使用されている。併し此の資料では 1 時期に於ける調査点数が水域の広大な割合に小数であること、1網の採集数にむらがあること及び表層採集だけでは分布の推定ができない等の為に定量的な取扱いが困難である。そこで東北海区全域の平年的分布状態の大略を知る為に、緯度・経度 1 度枡目内に於ける総採集数及び 1 網当りの平均採集数によつて之を吟味することにした。

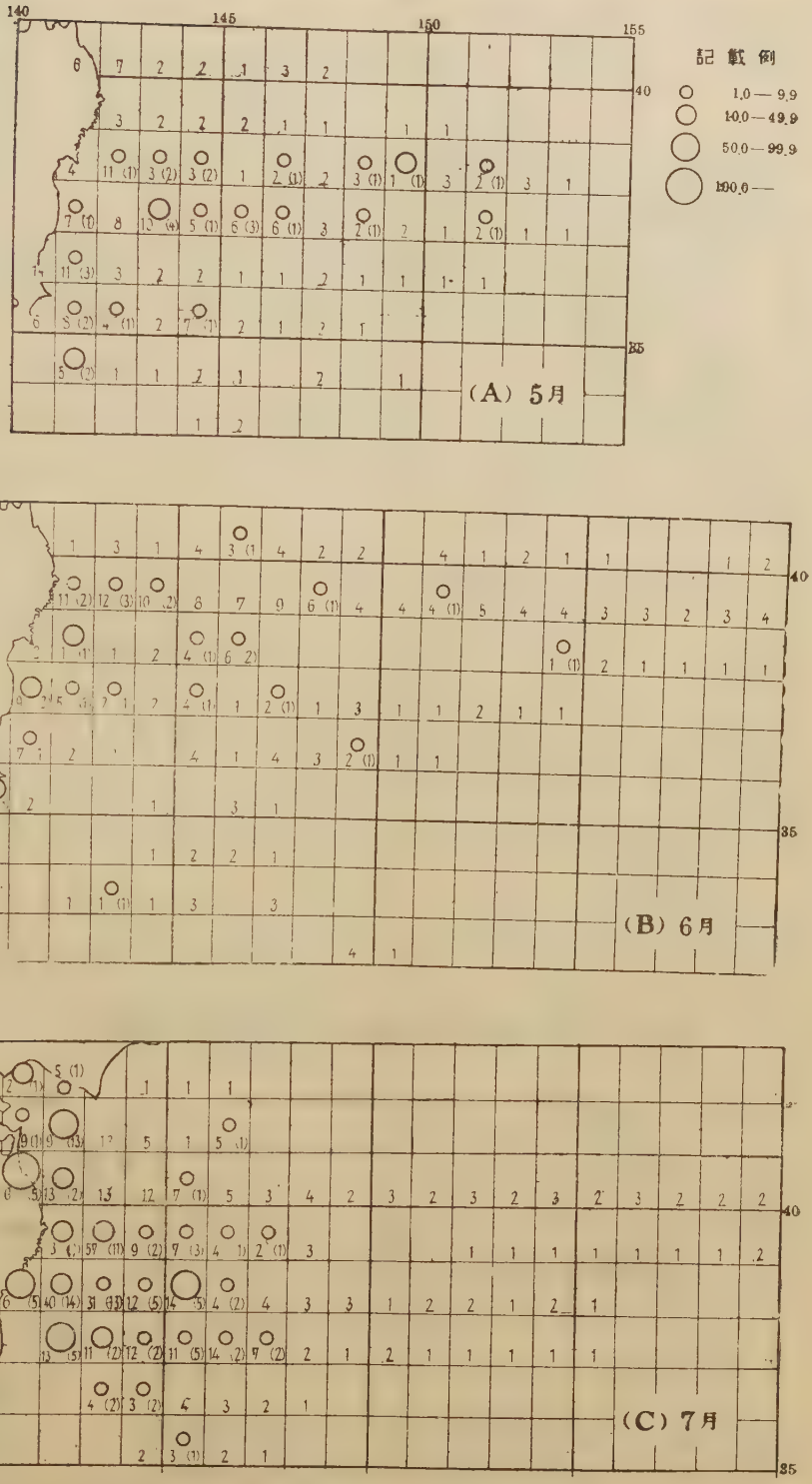
即ち第 2 図は1949年から 1956年間の 8 ヶ年間を集計した各月毎の分布を示す。亦各年の採集数は第 3 表に示されてあり、各月のカタクチイワシ稚仔（前期及び後期稚仔魚）の分布の概略は次の様である。尚これはイワシ資源調査で実施している様な極く沿岸の水域は殆ど含まれていない。

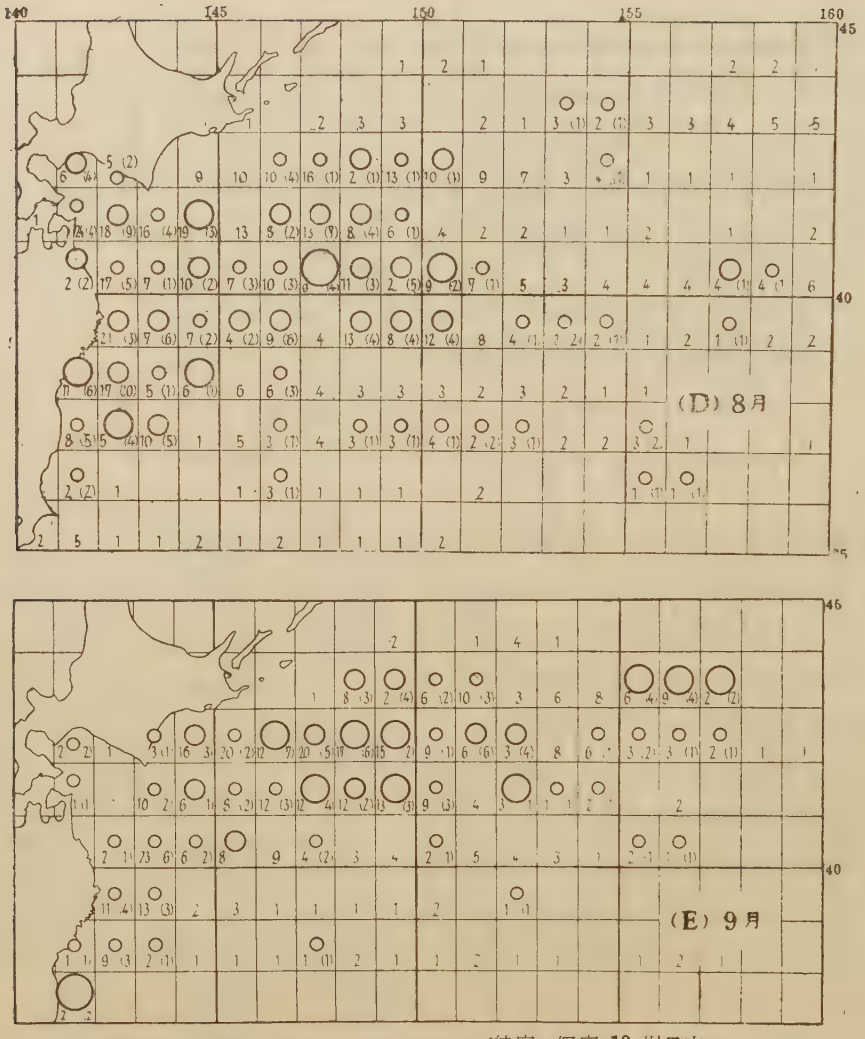
第3表　カタクチイワシ稚仔の年・月別採集数
（東北海区㊦による体長 34mm 以下）

年＼月	4	5	6	7	8	9	10	11	計
1949	—	81	26	21	8	34	—	—	170
1950	—	62	17	49	787	2,554	1	9	3,479
1951	25	—	—	214	575	341	—	—	1,155
1952	—	—	8	51	415	18	—	—	492
1953	—	14	24	2,675	395	44	—	—	3,152
1954	5	80	—	—	102	2	—	8	197
1955	—	—	41	2	866	—	—	38	947
1956	—	—	—	1,000	2,578	289	—	—	3,867
計	30	237	116	4,012	5,726	3,282	1	55	13,459

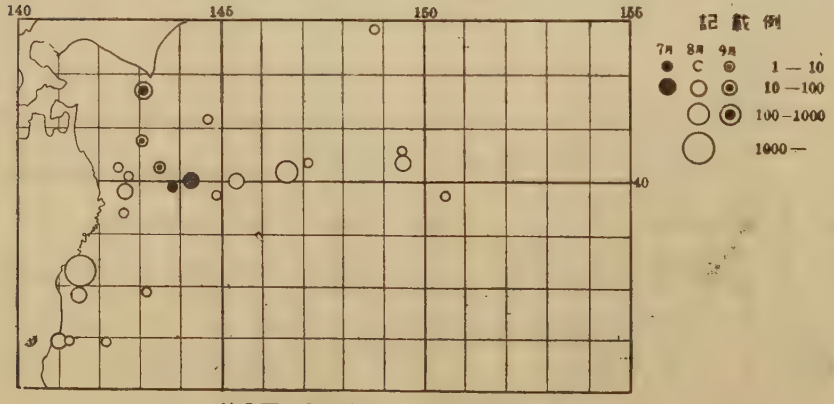
（1956 年 10 月・11 月を除く）

2月～4月　此の期間の調査は極めて少く、沖合の全体的分布は明らかでない。1955年犬吠崎東方 300 浬の調査では、サンマ稚


140
145
150
155
40
35
記載例
1.0 — 9.9
10.0 — 49.9
50.0 — 99.9
100.0 —
(A) 5月
(B) 6月
(C) 7月



第2図　A～E　稚仔の月別平均数分布(緯度・経度 1° 桝目内平均値 1949年～'56年)



第3図　卵の分布　(1 網当り採集個体数)

仔は多数採集されたが、カタクチイワシは全くなかつた。1954 年の 4 月には塩屋沖 150 浬附近で数尾採集されている。東海水研（1951～1954）の資料によると、千葉県近海では 2 月から卵・稚仔が出現し始め、4 月以降は相当多い。

5 月（第 2 図 A）野島崎近海から金華山東方沖合まで小数分布しているが、金華山以北の水域では採集されていない。1954年5月4日、38°02′N, 149°31′E, 18.0°C で 67 尾採集されたのが最も多く、沖合にも春季親魚の廻游がある事を示している。

6 月（第 2 図 B）常磐から三陸に至る近海から沖合 600 浬附近まで断続的に分布している。略々 36°N 線以南及び 40°N 線以北では採集されていない。

7 月（第 2 図 C）金華山から鮭崎に至る三陸近海ではかなり多く、亦同じく三陸の 250 浬以西の近海水域一帯にも一様な分布がみられる。三陸北部の対馬暖流水系である鮫角近海及び北海道日高沿岸でも相当多い。三陸沖合では遠く 160°E 附近まで曳網しているが、148°E 以東では採集されなかつた。

8 月（第 2 図 D）此の月は野島崎沖から北海道東方沖合の殆ど東北海区全域に亘る曳網記録がある。三陸近海の 145°E 以西の広範な水域に多く、亦北海道南東沖合の 39°～42°N, 146°～151°E の範囲内で、沿岸水域と同じ様な密な分布が認められる。沖合では 158°E まで採集されている。

9 月（第 2 図 E）主に北海道東方沖合に多く、8 月の分布の中心が北に移動し、41°～42°N, 146°～150°E の範囲内に密集している。更に沖合では 43°～44°N, 155°～158°E でも年によつて（1950 年に多かつた）多量に採集されているのが注目される。近海では金華山附近の数点で多数採集された。

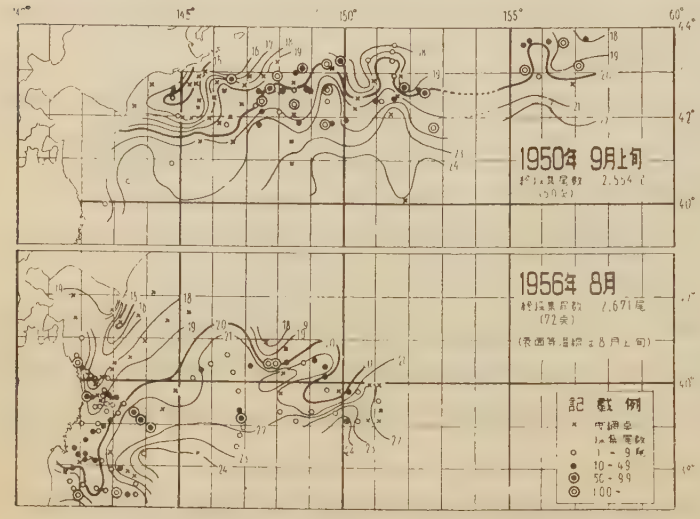
10 月～11 月　1953 年以前は 10 月以降の調査は殆ど実施されなかつたので、9 月に北海道東方沖合に多量に存在した稚仔がその後どの様な経過をたどるか不明である。1954 年～'56 年の 10 月 11 月に実施した三陸・常磐近海の調査結果によると、1954 年は曳網数 146 点の中採集回数 8 点採集尾数 8 尾、1955 年は 88 点の中 8 点 23 尾、1956 年も数点で採集されたに過ぎず、夏季に比較してこの水域に極めて少いことが知られた。体長も 20～30 mm の比較的大型稚仔が多かつた。

卵（第 3 図）1956 年以外の各年の調査ではすべて A 型稚魚網（全絹網製）が使用されたので、此の網では網目が相当大きく、微少なカタクチ卵はかなり逸脱したものと推定される。併し此の間に査定し得た卵の分布は第 3 図に示されている様に、7 月から 9 月の夏季、常磐近海から三陸沖合へかけての広範な水域に亘り、特に 8 月金華山近海に多かつた。亦前述の様に沖合でも稚仔と共に卵が採集されており、産卵群の存在が認められる。

海況との関係

以上の調査結果によると一般に東北海区に於いては、夏季（7 月～9 月）常磐から北海道日高沿岸に及ぶ所謂沿岸水域に連続的に分布しているが、更に沖合の三陸東方 250～400 浬から北海

道東方 100～300 浬にかけても分布密度の高い水域がある。



第4図　夏季稚仔の分布例　1950年・'56年

これを特に採集量の多かつた 1950 年と 1956 年（第4図）について検討してみる。1950年の9月上旬では、147° E 以東の沖合の調査水域内で、総曳網数（60回）に対して 75% の高率で採集されており、1網当りの採集尾数も多い。これは主に親潮前線上の水温 20°C の等温線を中心とした潮境の周辺水域である。此の年は 146°E 以西の沿岸水域では殆ど採集されなかつた。1956年8月も塩屋崎から鮫角に至る三陸沿岸水域で一様に多く分布しているが、沖合では 39°～41°N, 146°～151°E の範囲内の前線周辺に沖合 group の存在が認められる。

此の様に沖合で分布密度の高い水域は、丁度親潮第2分枝の周辺に相当し、北海道沿岸から三陸へかけて南下する親潮本流との間に、145°E 附近を夏季北上する黒潮水系の暖水帯で分離されている。亦夏季特に発達し、津軽海峡から太平洋へ流出する対馬暖流の流域周辺の稚仔は、春期日本海側の稚仔の分布と密接な関連をもつており、分布の時季（1953 年の場合には日本海6月、太平洋側7月）及び体長組成から考えて、日本海で発生した稚仔が流出移動したものと推定される（小達 1956 a）。

第4表　採集回数・尾数の階級比
1949年～'56年

階級(尾) ＼ 項目	採集回数	全回数に対する比(%)	合計採集尾数	全採集尾数に対する比(%)
1～4	203	47.42	362	2.79
5～9	69	16.12	446	3.44
10～19	55	12.85	756	5.83
20～29	26	6.07	624	4.81
30～39	14	3.27	480	3.70
40～49	6	1.40	315	2.43
50～99	26	6.07	1,767	13.63
100～199	18	4.20	2,720	20.98
200～299	4	0.93	983	7.58
300～399	5	1.16	1,854	14.30
400～499	—	—	—	—
500～999	1	0.23	849	6.55
1000～	1	0.23	1,803	13.91
計	428	100.00	12,959	100.00

稚仔の採集状態

東北海区のカタクチシラスは主として夏季その全域に亘つて採集されたが、1網の採集数には非常な差があり、局部的に大量発生があるものと考えられる。亦年によつても差がある様である。第4表によれば、調査の期間を通じて 1～4 尾の採集回数が全採集回数の 47% で最も多く、5～49 尾が 40%、50 尾以上が 12% である。然し採集尾数についての比

率では、1網50尾以上採集したものの合計尾数は全体の 77% を占め、1～4尾は 3% に過ぎない。結局東北海区に於けるカタクチシラスの分布密度は、此の表層曳き稚魚網による調査方法では一般に或水域を除いて、広範囲ではあるが疎である様に思える。

亦各月毎の採集割合（その月の全曳網回数に対するカタクチシラスの採集回数の比率）は5月・6月には低く、7月以後増加して8月・9月では 24% 前後となる（第5表）。即ち極く沿岸水域を除く東北海区では、夏季に多く採集されるということになり、第3表に示した月別採集数からもこのことは明瞭である。

第5表　曳網数に対する採集比率
1949年～'56年

月	採集比率 (%)
5	13.00
6	7.34
7	20.53
8	24.13
9	23.40

第6表　昼夜の出現数
1950年～'56年(8月・9月)

区分＼採集数	採集回数	採集尾数
日出～正午	62	1,787
正午～日没	70	2,188
日没～正子	70	2,202
正子～日出	70	2,481

昼夜による游泳層の日周変動を考察する為に、1日を日出・正午・日没・正子を境に4つの領域に区分して、夫々の時間内に於ける採集回数及び採集尾数を、調査の多く実施された8月と9月について集計すると第6表になる。時間と表層水面について曳網調査が at randam に行われたものと考えれば、表層に於ける出現の状態は昼・夜によつて差があるとは考え難い様である。後述の様に小型シラスが採集物の主体であるから、游泳力の増大しない間は漂流状態で表層曳き稚魚網によつて採捕される機会が多い為であろう。

水温との関係

前述の様に夏季沖合水域に於いて、20°C の等温線を中心とした潮境周辺にカタクチシラスが多く採集されることが認められた。今各月の採集尾数に対する採集時の表面水温加重平均を計算すると第7表の様になり、5月・6月は低く、7月以後上昇し、8月が最高である。大体に於いて夏季7月～9月は 19°～21°C でかなり高水温である。これは第6表の採集率の月変化とよく一致し、夏季 20°C 前後の水帯に分布が密であることを示す。卵も 20°C 前後で最も多く採集された。

第7表　月別平均採集水温
（採集尾数に対する加重平均）

月	稚仔 (°C)	卵 (°C)	稚仔*2 (°C)	卵*3 (°C)
4	—	—	15.95	16.90
5	17.11	—	16.69	16.09
6	17.06	—	19.19	18.69
7	19.05		—	—
8	20.80	20.26*1	—	—
9	19.85		—	—

*1　7月～9月の合計
*2, *3 は 東海水研・イワシ資源調査資料 B集 1951年～54年の千葉・茨城・福島の各県資料

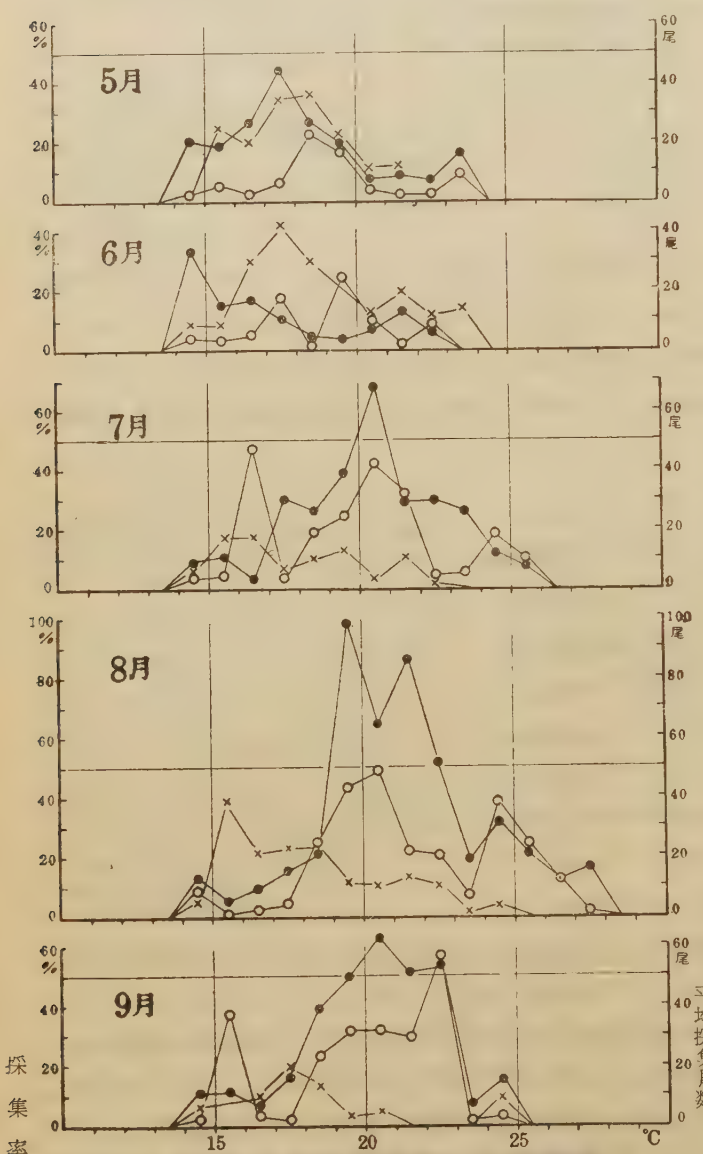
併し第7表に示した東海水研の資料によると常磐及び千葉近海に於いては、4月は 16°C 前後でやゝ低く、5月は殆ど同じ値であるが、6月には若干高い。

第5図は水温 1°C 間隔の出現率（曳網数に対する採集回数の割合）と平均採集尾数を示す。一般に各月とも採集水温の範囲は非常に広く、5月 13°～22°C, 6月13°～21°C, 7月 14°～25°C, 8月 14°～27°C, 9月 14°～24°C であるが、この中で採集率の peak を示す水温がある。即ち5月 16°C, 7月 20°C, 8月 19°C, 9月 20°C であり、亦平均採集尾数もこの曲線と略々併行している。

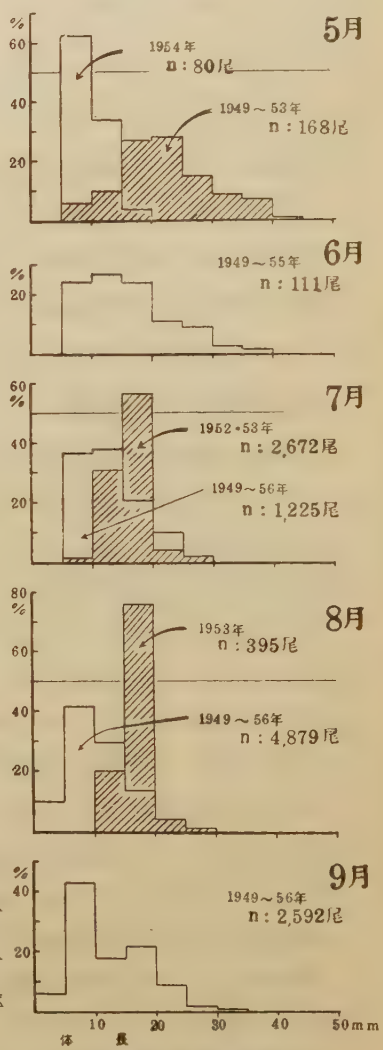
同様な方法で小達 (1956 b) が報告した東北海区のサンマ稚魚の採集率の月変動と比較すると、サンマは5月～9月の期間 15°～17°C で多く採集される。従つて春季5月・6月頃はカタクチイワシと略々同一水帯で採集されるが、夏季にはカタクチは高水温に多く、従つて両魚種は分離する様に見える。併しサンマも 20°C 以上の高水温帯で採集される group も認められる様であるから、時季的に或部分のものは同じ様な環境に漂流しているものと見られる。

III 体 長 組 成

稚魚網で採集されたカタクチイワシの体長は所謂“かえり期”以前のシラスが主体であるが、



第5図　水温1°C毎の採集率・平均採集尾数
●カタクチシラス採集率
○　〃　平均採集尾数
×サンマ稚仔採集率



第6図　月別体長組成
東北海区 1949年～'56年

35mm 以上のものも極く小数あり、若干の成魚も入網した。第6図の月別体長組成によれば、各年各月の採集シラスの体長に一定した大きさを考える事が出来ず、連続的な成長を追跡する事が困難である。即ち各種の大きさのシラスが毎月採集されており、5mm 間隔に集計した体長組成では 5mm 台から 20mm 台までの各階級に分布の mode をもつている。カタクチイワシの発生・成長・年令査定には確定した結果はない様であるが、今までの研究によると、

東海区水研：放卵後から後期仔魚の初期（全長 5mm）迄に約 14 日、全長 16mm 迄約 60 日、春季発生群の主群は第1年末に体長 80～90mm。

南海区水研：発生後1ヶ月で 35 mm、第1年末に約 130mm。

渡辺(1955)：発生後1ヶ月で 30mm、6ヶ月で 80mm、満1年で 105mm。

という様な二三の推定がなされている。この中、前者と後二者の推定にはかなり差がある。併しこれから考えると大体に於いて東北海区で採集される 15mm 前後の小型シラスは、1～2ヶ月程前に放卵されたものと推定される。従つて月別体長組成で常に小型シラスが採集物の主体をなしているということは、5月～9月の期間此の水域で連続的に発生が行われていることを意味する。特に8月・9月の 5mm 台に mode をもつ小型群は、前述の三陸・北海道沖合で多量に採集された group であり、卵の採集記録と共に夏季沖合発生群の存在を物語るものである。

亦第8表に示す様な中型・大型魚も稚魚網で採捕され、沖合に於ける成魚の分布も認められた。

第8表　稚魚網による 35 mm 以上のカタクチイワシ

年度	月日	位置 北緯	位置 東径	水温 (°C)	採集尾数	体長 (mm)		備考
1949	5・30	37°-34′	143°-17′	16.0	11	35～39		34 mm以下10尾
〃	6・13	39°-27′	142°-33′	13.9	1	36		30 mm以下4尾
1951	7・28	38°-09′	148°-16′	20.6	2	80	—	
1953	6・2	36°-07′	149°-17′	20.6	2	97.0	102.0	
〃	6・11	39°-40′	143°-20′	10.6	2	39	43	
〃	6・12	34°-54′	140°-41′	21.4	2	52.5	67.0	
〃	7・17	42°-03′	142°-21′	15.2	1	97.0		
〃	9・7	39°-42′	143°-00′	20.2	1	38.5		32 mm以下3尾
1954	8・7	36°-52′	156°-39′	23.8	1	36.0		
〃	11・18	40°-30′	142°-08′	14.1	1	125.0		
1955	11・20	36°-08′	142°-42′	—	2	37	39	25 mm以下3尾
1956	7・29	38°-12′	142°-22′	18.2	1	38.5		
〃	8・3	39°-08′	146°-50′	20.8	1	37.0		33 mm以下68尾
〃	8・4	39°-20′	146°-48′	21.2	1	37.5		34 mm以下17尾
〃	8・9	39°-06′	143°-48′	21.8	1	44.0		29 mm以下69尾
〃	8・9	40°-13′	145°-40′	21.5	2	63.0	82.0	

IV 脊椎骨数

東北海区で採集されたカタクチイワシは 15mm 前後の小型シラスが多かつたので、脊椎骨数の計測はかなり困難であつた。即ち体長約 20 mm 以下では尾椎末端部の化骨が充分でなく、

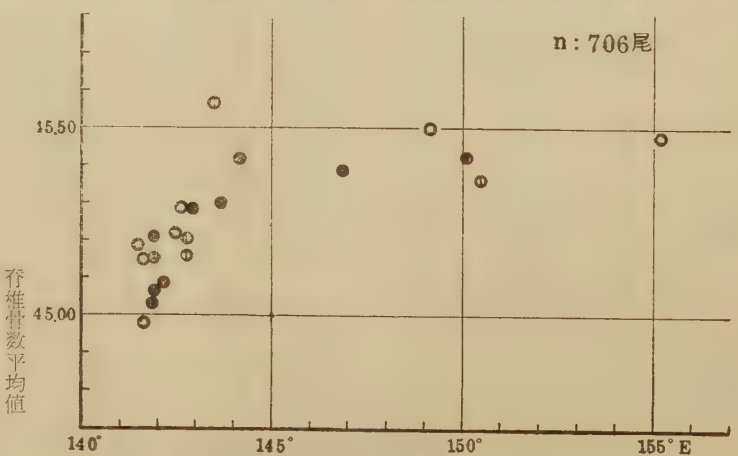
Clothier の方法で染色した場合、末尾の1乃至数個（Urostyle を除く）の椎体の各々が 1/2～1/3 位しか染色されないものがあつた。体長による染色されない椎体の数の比率は第9表の様である。即ち体長 16mm 以下では1乃至数個の全く染色されない椎体をもつ個体が、調査尾数の約半数あつて、脊椎骨数の計測には不適当であつた。亦体長 21 mm になると 84% は各椎体が好染されるので、カタクチシラスの化骨は大体この頃に安定してくると考えられる。横田（1953）によれば、カタクチイワシは体長 20 mm になると尾部・骨骼は殆んど成体と同じ様になるということと一致する。

第9表　シラスの脊椎骨染色状態（%）

体長(mm) ＼ 階級	完全	1	2	3	4	5	不完全	調査個体数
14	—	—	—	—	5.2	—	94.7	19
15	—	—	—	3.6	14.3	—	82.1	28
16	1.2	2.3	7.1	9.4	27.1	4.7	48.2	85
17	4.4	5.3	6.2	23.0	32.8	5.3	23.0	113
18	7.4	8.2	12.3	47.5	16.4	0.8	7.4	122
19	29.3	10.6	13.8	38.2	8.1	—	—	123
20	36.7	13.3	16.7	33.3	—	—	—	60
21	83.7	4.7	7.0	4.6	—	—	—	86
22	89.4	1.5	9.1	—	—	—	—	66
23	94.0	2.0	4.0	—	—	—	—	50
24	100.0	—	—	—	—	—	—	37
25～30	100.0	—	—	—	—	—	—	81

註 1. 不完全とは尾椎の 1～数個(Urostyl を除く)が染色されず計測困難なもの。
2. 階級1とは尾椎の1個が 1/2～1/3 位しか染色されないもの.
3. 各体長毎の個体数に対する出現比率を示す。

以上の理由で脊椎骨数を比較する為の群毎の標本は極く小数となつたが、計測し得た 24 標本 706 尾について検討を試みる。こゝで取扱つたシラスは1群 20 尾以上のものだけであるが、多数採集されたものは 50～60 尾を抽出して計測した。第7図に各群脊椎骨数平均値の経度による分布を示す。此の図から 143°E 以西の沿岸水域の群（特に金華山近海及び三陸北部の鮫角近海で多く採集された群）は各群の平均値が 44.98～45.29 で、143°E 以東の沖合で採集された群に比べて低い値である。沖合の群の中、標本数の少い1群(15尾、45.07) 以外は 45.30～45.57 で一般に高い。これらの群は近海では7月と8月、沖合では大体8月に採集された標本であるが、一応月別及び 143°E 線を境とした近



第7図　脊椎骨数群平均値の経度分布
①1949年. '54年. '55年
○1953年
●1956年

海と沖合の2つの group に分けて、t-分布によつて平均値の差の検定を試みる（第 10 表）。

即ち三陸から常磐へかけての近海 group の中、7月のものは8月のものより平均値は高いが、有意な差は認められない。亦近海と沖合の両 group を夫々まとめて平均値を比較した場合、1% の危険率で有意な差が認められる。此の外沖合で得られた標本は脊椎骨数を計測した個体数が少いので、群平均値を多く比較し得ないが、10月に鮭崎沖でカツオの食餌として見出された 45.mm に mode をもつ群は、平均値が之は 45.05 でかなり低い値であつた（第 11 表）。

第 10 表　月・地域別脊椎骨数平均値の差

群別	標本尾数	平均値	(t の値) A	B	C
A 近海群 7月 (143°E 以西)	220	45.21±0.33	＼	2.11	2.78
B 近海群 8月 (〃)	226	45.10±0.28		＼	4.87
C 沖合群 8月 (143°E 以東)	252	45.37±0.44			＼

$$t=\frac{\bar{x}_1-\bar{x}_2}{\sqrt{\frac{n_1n_2(n_1+n_2-2)}{(n_1+n_2)Sx^2}}}$$

$t_0=2.588$ $(\alpha=0.01, N=400)$

第 11 表　カツオ胃中より採集したカタクチイワシ
1950年10月25日 (39°00′N, 145°00′E)

体長階級 (mm)	尾数
30～34	1
35	12
40	38
45	43
50	22
55	10
60	4
計	130
総数	153

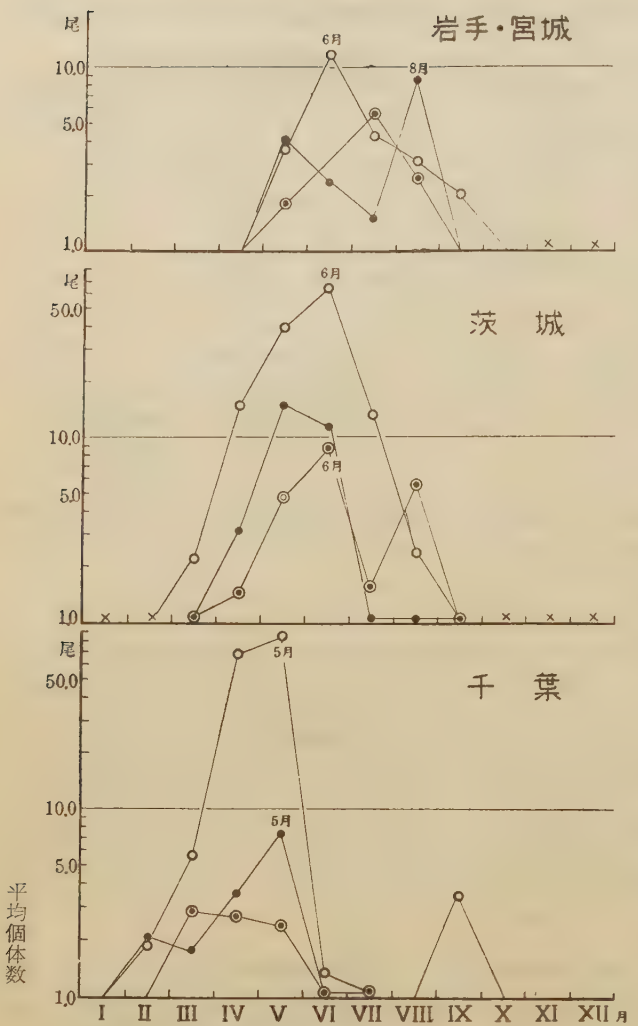
脊椎骨数平均値 45.05±0.30

考　察

カタクチイワシの産卵は長期に亘り、殆ど周年各地で産卵が行われている。そして日本近海の group の中、春・秋2回大量発生があり、特に春季発生群が我国近海資源の主体をなすと考えられている（相川 1954）。亦成長が非常に早く、前記の様に発生後の成長の推定には研究者によつて差はあるが、相川（1954）、南海区水研（1956）等の研究によれば、発生後 6～8 ヶ月で体長 8～10cm となり、生殖に関与するとされる。

東北海区では沖合に於ける成魚の測定記録が殆どないので、沖合カタクチイワシの産卵について成魚からの確証は得られない。沿岸水域に於ける漁獲物は、特に春季 10cm 台以上に mode をもつ高令群が主体をなしているので、充分産卵し得る親魚であると云える。沿岸水域の産卵状況を検討する為に、1951 年から 1954 年のイワシ資源調査資料（東海水研）によつて卵・稚仔の月別の平均出現数を地域毎に求めると第8図になる。

即ち卵は東北海区南部水域の千葉近海では2月から出現するが4月・5月に最も多く、茨城県近海では約1ヶ月遅れて5月・6月に多く、三陸沿岸では6月に最も多い。亦仔魚では千葉県5月、茨城県5月・6月、三陸沿岸では5月と8月に多く採集されている。この資料からみると、東北海区南部沿岸水域では、3月～5月頃にカタクチイワシの発生が行われ、北に行くに従つて、少しづゝ遅れ、北部では6月頃になるものとみられる。第1図の統計資料によるシラスの漁期は茨城・岩手・青森各県とも5月が中心で、卵・稚仔出現期と略々一致している。南部沿岸では夏季の産卵は明かでないが、三陸沿岸では卵が8月・9月に春季に引続いて採集され、稚魚の平均



第8図　卵・稚仔平均採集数の月変動
（東海水研 1951～'54年イワシ資源調査資料 B集）
○卵　　◎後期仔魚
●前期仔魚　×調査したが採集されなかつた月

採集数では8月が最も多い。東海水研（1955）によると成魚の成熟係数 $KG=GW/BL^3\times10^4$ の季節的変化は、東海・東北水域では5月・6月に最も高い値であり、最大卵径の月平均値の変化では4月～9月に大きいとしている。結局本稿 II で述べた様に春季沖合に於ける採集率・採集数の比較的少いこと、或いは東海水研の資料等から類推すると、東北海区では春季は主として南部沿岸水域で、夏季には主として三陸沖合水域で相当の発生があるものと推定される。

カタクチイワシの産卵は極く沿岸の水域で行われるといわれ、東海水研（1955）では 200m 等深線附近以内の沿岸水域で、日本海水研（1956）では距岸 10 浬以内で最も多く卵が採集されることから産卵親魚が接岸するものであろうとしている。併し沖合にも卵・稚仔が認められるので、マイワシよりは沖合性であるとしているが沖合の資源は非常に小量であろうとの考えが強い様である。東海水域及び東北海区南部沿岸水域の春季発生群が、春季から夏季発達し北上する黒潮に運ばれて、東北海区沖合へ漂流拡散するということは充分考えられる（沖合へ漂流したものは沖合の栄養不足の為死滅するであろうとの説もある）。併し乍ら本報告で検討して来た様に、採集の時期・場所・体長組成或いは同時に得られた卵等から、夏季東北海区北部沖合で採集される稚仔は此の水域で発生したものと考えるのが妥当である。そしてその量は決して少くないであろう。

一般にカタクチイワシの産卵盛期の水温は日本近海でも季節・場所によつて異るが、大体に於いて南部水域では 17°～26°C, 太平洋・日本海の中部・北部及び北海道では 14°～19°C と云わ

れる（日本海区水研 1956）。本報告で述べた東北海区の卵・稚仔の平均採集水温は、春季は 17°C 前後であるが、その後上昇して夏季には 20°C 前後となり、之に較べると1°C 前後高い様である。亦此の資料はすべて表層曳き稚魚網で採捕されたものであるが、表層に於ける日周変動は見られなかつた。併し今までの研究結果では（東海水研1955, 日本海区水研1956その他）、カタクチ卵・稚仔の鉛直分布はその発生段階で異り、特に稚仔は中層に多いと云う。亦卵の分布も 50m 或いはそれ以深でも認められている。東北海区沖合に於いても此の様な稚仔の生態的変化と相俟つて、採集方法及び定量的取扱いを更に検討する必要があろう。

東北海区に於ける沖合カタクチイワシは現在のところ漁獲対象物としては利用されていないが、沿岸資源との相互関連及び春季から秋季此の海区に来游するカツオ・マグロの重要餌料として考慮されねばならない。カツオの餌料を調査した堀田（1955）等によれば、東北海区に於いてイワシ類（主としてカタクチイワシ）が漁期の5月～10月に亘つて非常に大きな割合で消化管中から発見され、その分布は東北海区全域に及んでいる。特に 152°E 以東の沖合では殆どカタクチイワシだけが摂取されている。1949年～1951年の6月～9月の平均値*では、重量に換算してカツオの体重の0.7%がイワシ類で占められている。亦川崎（1955）によると、東北海区へ来游するカツオは3年魚が多く、6月から10月の間に約 10cm（Mode で44→55cm台）成長するという。これはこの大きさのカツオで1尾約 1.6kg増重したことになる（東北水研 1955）。一方畑中等（1956）はカタクチイワシを餌料とした場合のサバの成長に要する食餌転換効率を 30% 前後としている。東北海区のカツオの餌料が全部カタクチイワシで補給されると仮定し、サバの実験で得られた転換効率から換算すると此の期間に約 5kg を必要とする。この値から推算すれば、年間2,000万貫を超える東北海區の漁獲カツオだけでも尨大な量の餌を利用する事になる。東北海區に來游するカツオ群全体、或いはイワシ類を摂取するビンナガ・メバチ・クロマグロ・カヂキ・鯨類・オツトセイ等を考慮すると、その食餌生物は重要な問題である。即ち沖合カタクチイワシの研究は漁獲対象資源としてよりも、此等大型魚類の餌料として、より一層重要な地位を占めている様に考えられる。

これら沖合成魚の測定記録は少いが、堀田の資料により胃内容イワシの消化程度及び摂餌の体長から吟味すると、4～6cm の所謂当才魚が多い様である。撒き餌と思われるものの体長組成は7～11cm でこれより大きい。亦シラス（2～3cm）を多く摂餌しているものもあつた。

第 11 表は天然餌料と推定された採集標本の1例を示したが（総数 153 尾が1尾のカツオの胃中に充満していたもので、之は特に飽食していたと考えられる）、体長組成・採集時期・脊推骨数（前述）から考えると、東北海区の夏季沿岸の発生 group と関連をもつている様に思われる。

沖合に於ける成魚の採捕は少いが、夏季東北海区の沖合で、カタクチイワシの大群を“餌床”

* 堀田・小川（1955）の第2表より平均値を算出した。

として、鯨やカツオ・マグロの群がこれを捕喰しているのを、漁船がしばしば発見している。これらの漁況報告を基とした木村 (1954) の研究によると、餌持群・跳ね群（カツオ群の性状で、主としてカタクチイワシ他に小サバ・小アジ等の群を追うカツオ群）は東北海区に於いては夏季黒潮北上分派が形成する潮境周辺に多く、7月になつて常磐水域で発見され、8月以降10月まで三陸・北海道沖合まで分布している。1949年～1952年の資料では8月・9月に 39°～41°N, 143°～152°E の範囲に多く、1950年・1951年には 41°～44°N, 153°～159°E の北海道東方沖合に多かつた。此等の年の沖合水域に於けるカタクチイワシの存在は、前述の堀田等によるカツオ食餌の分布及び木村の餌持群・跳ね群の分布と、本報告によるカタクチシラスの分布とは全く一致している。亦カツオ・マグロ群の餌持群・跳ね群の外、鳥付群もカツオ・マグロの追う小魚を対象として魚群と行動を共にしているのであるから、全体的にみると相当量の小魚の群が沖合全域に分布しているものと推定される。

平均脊椎骨数による群の特性については多くの魚種について研究されているが、タクチイワシでは相川 (1954) が発表した春秋2回の大発生をする group の中、春仔群の脊椎骨数平均値は大略 45.20 以上で高く、秋仔群は 45.20 以下で低い値を示すということが一般に認められている様である。この様な季節的変動は、横田等 (1952) は時季による環境（特に水温）の変化で規定されると考えているが、一方村上等 (1949) は天草周辺のもので平均値の異る2つの groupを分け、之は地方的変異であろうとしている。

東北海区に於いては夏季発生群の中、近海と沖合で脊椎骨数平均値の異ることが認められたがこれを直ちに独立的な沖合群と考えてよいかは充分検討しなければならない。沖合のものの標本数が少い点から今後究明を要する点である。此の海区の近海で漁獲される成魚については東海水研の資料によると第12表の様であつて、45.20～30であるから第11表のカツオの胃中から採集した標本はかなり低い値であると云える。但し成魚と此の海区の近海水域で夏季採集されるシラス（第10表）とは全体の平均値で殆ど差がない様である。結局脊椎骨数による系統群の研究には、稚魚網で採集したシラスでは骨数の算定に制限があることから、今後カツオ・マグロ等の食餌からの資料（この場合カツオ釣に使用する撒き餌と天然餌料としてのカタクチイワシとは区別されねばならない）、或いは餌床のカタクチ群を採捕する等特に沖合に於ける長期間の標本收集が必要である。亦夏季沖合で多く認められたシラス群の、9月以後の行方を追跡することが最も重要であろう。

第12表 成魚の脊椎骨数（東北海区）

年	群数	尾数	平均値
1952	43	888	45.23±0.89
1953	41	994	45.24
1954	44	1,228	45.30

東海水研：イワシ資源調査資料B集による
1952年は西海区水研(1955)の計算値

V　マイワシ・ウルメイワシ

本調査の採集資料から査定し得たカタクチイワシ以外のイワシ類シラス（マイワシ・ウルメイワシ）は第13表の通りである。これらの種類は東北海区に於いてはIで述べた様に、漁獲物として現在は重要な地位を占めていない。亦各種の研究結果によると、東北海区はそれらの発生場としてもあまり重要な区域であるとは考えられない。

マイワシは常磐・三陸の沿岸水域に比較的多く見られ、5月から8月の期間に採集された。尚沖合では夏季に200浬及び400浬の遠くで稚仔が僅かであるが、採集されている。堀田等（1955）によると、1953年7月7日，36°52′N, 146°-50′Eで体長100mmのマイワシ1尾をカツオの胃中より得ている。ウルメイワシシラスは対馬暖流域の鮫角近海で採集された以外は発見されていない。

第13表　マイワシ

年	月日	北緯	東経	水温（°C）	採集数	体長範囲（mm）
1949	5•22	35°–40′	141°–07′	19.2	1	—
〃	5•22	36°–15′	141°–31′	16.3	1	13
〃	5•23	36°–51′	141°–55′	15.4	5	13～15
〃	5•24	37°–23′	143°–20′	16.6	1	10
〃	7• 4	40°–03′	142°–58′	—	2	17, 21
1950	5•22	38°–00′	144°–10′	17.2	1	22
〃	7•31	39°–56′	143°–48′	24.1	--	卵
〃	8• 1	39°–51′	146°–05′	23.6	—	卵
〃	8•18	41°–10′	143°–50′	25.8	—	卵
〃	〃	37°–21′	144°–40′	25.6	—	卵
1951	4•25	37°–22′	140°–15′	15.6	1	シラス
1953	7•30	38°–11′	143°–11′	22.9	—	卵
〃	7•18	39°–29′	141°–42′	19.8	1	13
〃	〃	37°–02′	141°–38′	18.7	4	15～18
1954	4•12	35°–43′	142° 36′	14.0	3	9～13
1955	2•18	36°–58′	141°–24′	17.1	1	卵
〃	8• 6	40°–38′	149°–28′	25.0	1	13
1956	7•27	40°–42′	143°–29′	18.8	1	7.5
〃	7•30	38°–34′	141°–31′	20.2	7	7.0～9.5
〃	8•21	29°–30′	142°–44′	20.0	2	13.5, 14.5
〃	8•21	41°–10′	143°–03′	20.6	2	14.5, 16.0
			ウルメイワシ			
1952	8• 2	41°–27′	142°–38′	18.7	1	13
1953	7•18	40°–38′	141°–38′	18.7	44	12～18
〃	〃	40°–34′	141°–34′	20.0	8	13～17
〃	7•23	41°–08′	142°–30′	19.1	1	15

要　約

近年の東北海区のイワシ漁業について漁獲統計から吟味し、1949年から1956年の期間東北海区の全水域に亘つて曳網した表層曳き稚魚網で採集されたカタクチイワシシラス約13,500尾を中心に、生態及び脊椎骨数について考察した。

1）東北海区に於けるカタクチイワシ稚仔は春季（5月・6月）は常磐沿岸水域に、夏季（8月9月）は三陸沿岸及び三陸・北海道東方沖合に多く分布している。

2）此の海区で採集された稚仔の体長組成は年又は月によつて種々変化があるが、15mm前後のシラスが多い。亦35mm以上の成魚も沖合で若干採捕された。

3）夏季（8月・9月）三陸・北海道東方沖合のgroupは体長5～10mmで、同時に卵も採集されているから、沖合で大量の発生があるものと推定される。亦これらの稚仔は親潮前線の潮境に多く分布している。

4）稚仔の最多分布水温は5月・6月は17°C前後で低く、7月～9月は20°C前後で高い。

5）脊椎骨数平均値では夏季（7月・8月）に採集された標本の中、143°E線を境に近海（45.10,

45.21）と沖合（45.37）との間に有意な差が認められた。

6）　マイワシ・ウルメイワシの卵及び稚仔も小数採集された。

参　考　文　献

相川広秋，1949.　水産資源学総論　産業図書

堀田秀之・小川　達，1955.　海区別カツオの食餌組成について　東北水研報告(4)

木村喜之助，1954.　カツオ群の性状（第1報）　東北水研報告（3）

川崎　健，1955.　伊豆・小笠原および東北海区に於けるカツオの移動および成長について　東北水研報告(4)

村上子郎・真道重明，1950.　天草周辺に於ける重要生物の資源学的研究　日水会誌 **15**(3)

南海区水研，1956.　イワシ資源協同研究経過報告　1953年

日本海区水研，1956.　イワシ資源協同研究経過報告（案）1954年

小達　繁，1956a.　津軽海峡附近の稚魚について　対馬暖流開発調査　第3回シンポジュム発表論文1955年

————，1956b.　東北海区に於けるサンマ稚魚の分布と産卵魚の成熟状態　東北水研報告（7）

西海区水研，1955.　イワシ資源協同研究経過報告　1952年

東北水研，1955.　海洋資源年報　カツオ資源編　1951年度

東海区水研，1951～1954.　東海・東北海区　イワシ資源調査資料　B集

————，1955.　イワシ資源協同研究経過報告　1945年～1951年

渡辺和春，1955.　カタクチイワシの脊椎骨数の変異と若年魚の月成長　日本海区水研研究年報（2）

横田滝雄，1953.　日向灘・豊後水道のイワシ類の研究　南海区水研報告（2）

HATANAKA, M. and TAKAHASHI, M., 1956.　Utilization of Food by Mackerel　Tōhoku Jour. Agr. **7**(1)

カツオの胃内容物中にみられたゴマサバの幼・稚魚（薩南海区）※

堀　田　秀　之

JUVENILE AND YOUNG MACKEREL(GENUS SCOMBER) FROM THE STOMACH CONTENTS OF SKIPJACK FROM THE ADJACENT SEAS OF SOUTHERN KYUSHU

By

Hideyuki　HOTTA

From the research on the stomach contents of the skipjack, *Katsuwonus pelamis*, from the adjacent seas of Southern Kyushu, during each season from 1952 to 1953, a considerable number of the juveniles of mackerel (Genus Scomber), especially the March-May "Goma-saba" *Scomber japonicus tapeinocephalus* (BLEEKER) were discovered.

The juvenile Mackerel of the fork-length 30-40mm are most abundant. With regard to the juvenile Mackerel, the following items have been treated.

(1) monthly and local distribution

(2) monthly size-composition and growth

From its abundance, fork-length composition and locality of their appearance, it seems that *Scomber japonicus tapeinocephalus* spawned in the East China Sea and that the spawning season is not a short period.

九州西南海域のサバ漁業は従来から重要な沿岸漁業の一つで、近年サバに関する漁業生物学的な研究が行われる様になつて、次第にその生活史が明らかにされて来た。

筆者はカツオの生物学的研究の一分野として食性の調査を実施して来たが、薩南海区特に沖縄・トカラ群島附近のカツオの胃内容物をみると、春季に相当多量のサバ類主としてゴマサバ（*Scomber japonicus tapeinocephalus*）の幼魚が認められた（堀田・小川 '55)。薩南海区に於けるサバ主にゴマサバは春から夏にかけて沿岸に体長（尾叉長）40mm 前後の幼魚が出現することはよく知られているが（Kishinouye '23, 矢部 '58b、田ノ上・盛田 '56)、それよりも小型なものに就いての従来の採集記録は矢部（'53a）の 52 尾、鹿児島大学水産学部（'55）の 48 尾で、こ

※ 東北海区水産研究所業績　第 95 号

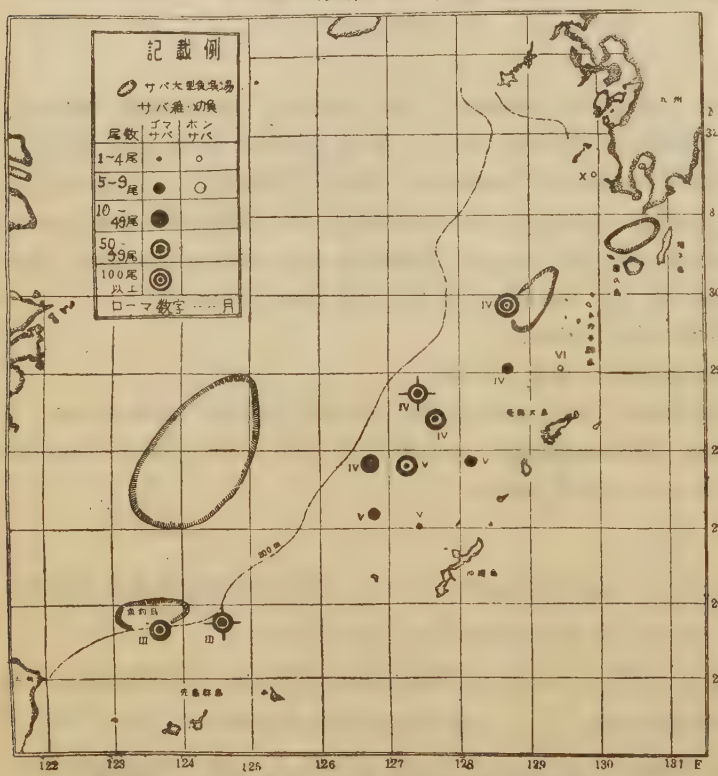
れらは何れも稚魚網の採集物であつて、その大いさは共に全長 10mm 以下の larval stage のものである。それより成長の進んだ幼魚の調査には稚魚網による Sampling は困難なことが予想される。筆者が多数のカツオの天然餌料から見出したゴマサバは尾叉長で 20mm 以上、特に 30～40 mm のもので、この様な体長群の幼魚をカツオ等の魚食性魚類の胃内容物に求めることは、稚魚網に依るよりも有利の様である。

本報告に用いたカツオの胃袋は薩南海区で一般漁船が陸揚後、加工場から得られたものや、漁船に依頼して漁獲直後に船上で体長・体重を測定後開腹して胃袋をホルマリン漬にしたもの及び釣獲直後船上でカツオが吐出したものを採集してもらつたものである。胃内容物として見出されたサバは盲嚢部一杯に塊状となつていた為に、その内部のものでは僅かに体表皮が剝離している状態であり、外形からも容易にサバであることが判るものであつた。アリザニン染色*によつてゴマサバとホンサバの区別をした。ゴマサバとホンサバの区別は次の点に拠つた。

非常に離れている2基の脊鰭を有し、背・腹に夫々 5 ケの離鰭 (finlet) を有すること。脊椎骨数は 14+17=31 で、第1～第3血管棘 (haemal spine) は S 字形を呈す。サバ属に類似したグルクマ属では脊椎骨数は13+18=31 である。

(1) 脊部担鰭骨(inter-neural spine) の数によりそれが 17 以上のものをゴマサバ、16 以下のものをホンサバとした (村上・早野'56)。

ゴマサバ・ホンサバと判別したものについて尾叉長を測定し尾数を記録した結果から、薩南海区に於けるゴマサバ幼・稚魚の分布とその体長組成に就いて述べ



第1図　カツオの胃から得られたサバ類稚・幼魚の分布

注意　図中⊙に＋の印を加えたものは既に他の著者によつて発表された資料である

* アリザニン染色で脊椎骨の形成状態・骨化の程度をその染色の度合が異なることによつて知られる。即ちゴマサバでは尾叉長20mm 前後では染色度合が悪く、30mm前後になると尾部骨骼迄好染する。このことは他の魚種カツオ・サンマ・ソウダカツオ・アジ・ハナカジカ・メナダ・サチコ・イシダイ・イワシ等も同様で、従つて一般的に体長約 30 mm に達すると脊梁の構成は成魚のそれと同様と考えて差支えない様である。

る。

カツオの胃内容物及び吐出物からゴマサバ・ホンサバの幼・稚魚が見出されたカツオの漁獲位置及び採集尾数、その平均尾叉長は第1表及び第1図の通りである。これらは殆んど消化が進んでおらず、又漁獲時に吐出したものであるから、カツオの漁獲位置附近に游泳していたものと考えて差支えない。従つてその分布はトカラ群島から魚釣島周辺の広範囲に及ぶが、主として臥蛇曾根、奄美大島西方から沖縄島北西、魚釣島周辺の200m等深線（大陸棚縁）の周縁に多くみられる。薩南海区に於けるゴマサバ親魚の漁場は第1図に示す様に、大別して2つのブロックに分けられる。即ち(1)東支那海大陸棚周縁漁場で、この漁場は11月から3月頃までを主とし、漁期初めは北部が主漁場となつているが、次第に漁場は南に移動する。(2)鹿児島近海漁場（屋久島・佐多岬周辺から大隅群島周辺）は4月～6月、10月～11月の春秋両季に主として漁獲が多い。従つてこの漁場位置と上述した稚・幼魚の分布からみて、カツオの胃内容物中に見出された稚・幼魚の大部分は、東支那海大陸棚周辺漁場の親魚と関連するものと考えられる。

第1表　カツオの胃内容物からのサバの採集記録

採集年月日	漁獲位置	採集方法	採集尾数	尾叉長(cm) 平均	尾叉長(cm) 範囲	備考
'52-Ⅲ—1	25-40N 123-40E	胃内容物	75	3.30	1.8～5.2	ゴマサバ
'52-Ⅳ—6	28-25N 127-40E	〃	88	3.52	1.8～4.9	〃
'52-Ⅳ-18	臥蛇西曾根	〃	406	3.02	1.6～5.0	〃
'53-Ⅳ-23	オガンゾネ	吐出物	7	3.43	2.4～4.3	〃
'53-Ⅳ-26	27-50N 126-42E	〃	43	4.07	3.3～4.7	〃
'53-Ⅴ-10	伊平屋島W30′	〃	3	7.73	7.2～8.2	〃
'53-Ⅴ-18	北鳥島W60′	〃	26 10	2.30 9.65	2.0～3.8 7.2～10.6	〃
〃	北鳥島附近	胃内容物	7	7.56	7.0～8.8	〃
'53-Ⅴ-23	久米島 N50′	吐出物	8	3.32	2.2～5.6	〃
'52-Ⅵ-11	小宝ゾネ	胃内容物	3	9.97	9.0～11.2	ホンサバ
'52-Ⅹ-19	31-32N 129-55E	胃内容物	1	—	13.0	〃

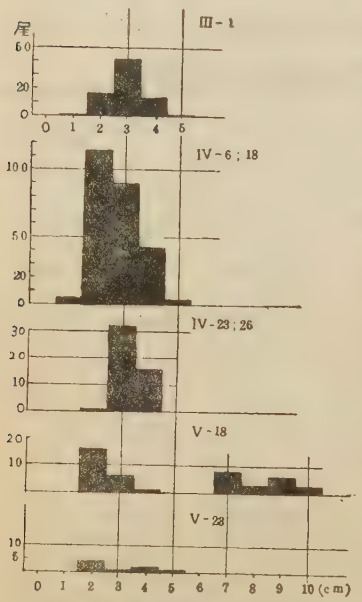
第2表　カツオからのサバ月別採集回数採集尾数
（ ）はホンサバ

月	カツオからの採集された回数	採集尾数	参考
Ⅲ	1	75	矢部（'53b）Ⅲ-3に52尾採集（全長3.8～7.1mm）
Ⅳ	4	544	鹿児島水産学部（'55）Ⅳ-28, 48尾採集（全長4～8mm）
Ⅴ	4	54	
Ⅵ	(1)	(3)	
Ⅹ	(1)	(1)	

第2表はゴマサバ・ホンサバの月別採集回数と採集尾数との関係を示したもので、ゴマサバは3月から5月の間に採集され、最も採集尾数の多かつたのは、4月の544尾で、3月の75尾、5月の54尾の順であるが、採集回数では4月・5月は各4回、3月は1回であつた。今迄の矢部（'53b）、鹿児島大学水産学部（'55）の記録もこの期間であつた。薩南海区に於けるゴマサバの産卵期について、矢部（'53b）は魚釣島近海では2月には産卵が行われると推定した。国分・高橋（'55）は数多くの成魚の生殖腺の熟度を調査した結果から、ゴマサバは1月下旬乃至2月上旬から3月・

4月・5月を盛期として、6月頃迄産卵が行われると述べている。稚・幼魚も丁度この期間に多く見出される点からも、ゴマサバの産卵期は略々間違いないものと思われる。

各採集日毎の体長（尾叉長）組成は第2図の様であるが、体長の同じ様な場合には合せて取扱つた。図から3月1日に採集されたものは 3cm に峯をもつているが、4 月中旬迄のものではそれよりも小さい 2cm に峯がある。4 月下旬には3月と同じく 3cm に峯をもつ群となつている。2～3cm の体長に達する孵化後の所要日数は明らかでないが、4 月中旬迄のものと下旬のものとは、その間に於ける成長と考えてよいであろう。5 月中旬にはその体長群は 2cm 群を主としたものと 7cm 以上のものと2つの群が認められる。前者は孵化後余り日数を経過していないものと思われ、後者は北海道石狩湾の小型ホンサバの成長(笠原・伊東'53) からみて、3月1日のものが成長したものであろうと思われる。



第2図　採集日毎のゴマサバ尾叉長組成

この様な稚・幼魚の出現状況やその体長組成からみても、上述した様にゴマサバの産卵は長期に亘つていることが判る。

ホンサバの幼魚に就いては資料が少く、僅かに6月宝島周辺で3尾と10月に枕崎近海で 1 尾が認められたのに過ぎなかつた。

終りに種々御指導いただいた本研究所長木村博士に厚く御礼を申し述べる。

引　用　文　献

堀田秀之・小川　達 (1955). 海区別カツオの食餌組成について　東北水研報告 (4)

堀田秀之 (1956). サバ属魚類の再検討　日本水産学会東北支部大会講演 ('56-XII-14 於塩釜)

鹿児島大学水産学部 (1955, '56). 対馬暖流開発調査資料 (2), (3) (謄写)

金森政治・盛田友弐・田ノ上豊隆 (1956). 第5回対馬暖流開発調査シムポジウム講演 ('56-X-2～6 於東京)

笠原　昊・伊東英世 (1953). "サバの生態" 漁業科学叢書 (7)

Kishinouye K. (1923). Contributions to the Comparative study of the so-called Scombroid fishes. Jour. Coll. Agr. Imp. Univ. Tokyo, 8 (3)

国分三郎・高橋亦好 (1955). ゴマサバ生殖腺指数の月別推移　対馬暖流開発調査第2回シムポジウム発表論文 (水産庁)

村上子郎・早野孝教 (1956). 本邦近海産サバの背部担鰭骨数について　日水誌 **21** (9)

田村　修・高　良夫 (1955). マサバ・ゴマサバの差異 (1)　長崎大水産学部研究報告 (3)

田ノ上豊隆・盛田友弐 (1956). 対馬暖流開発調査第5回シムポジウム講演 ('56-X-2～6 於東京)

矢部　博 (1953a). 夏季油津近海に来游する Scombroid fish の未成魚に就いて　南海水研業績集 (1)

———— (1953b). ゴマサバ *Scomber tapeinocephalus* と推定される後期仔魚と稚魚 (予報)　南海水研業績集 (1)

垂下養殖カキの密度効果に関する研究※
第1報 原板内の個体密度効果

谷田專治・菊地省吾*

ON THE DENSITY-EFFECT OF THE RAFT CULTURED OYSTERS. I. THE DENSITY EFFECT WITHIN ONE PLATE.

By

Senji TANITA and Syogo KIKUCHI

In the oyster culture, when the number of spats is large, the oysters grow close together on a collector but as they become large, some of them die and the number of survivals decrease gradually. It is commonly observed that the size or shape of the oyster-shell varies considerably according to the density of the spats within a collector. The number of survivable oysters and the size of each shell greatly influences the productivity of the culture. It seems, therefore, very important to make an analysis on the density effect of the cultured oysters.

This paper describes the results of study on the relation between the number of seed oysters, which were attached to the scallop-shell and cultured by a raft, to those of the survivals and the density effect which influences the growth of the shells and body-meats. The results are summerized as follows:

1. The maximum number of oysters which survivable on a shell of a scallop (10.5 to 12.0 cm in diameter) is about 60 and there exists a definite functional relation between the number of seed oysters to that of the survivals.

2. There is a tendency that the higher the density is the smaller the shell-height becomes in the earlier stage, but after the height reaches 6 cm this relation changes inversely.

3. There is a negative correlation between the shell-length and -breadth to the density of the oysters.

4. The cavity volume of the oyster is not considerably variable by density.

5. The meat-weight and the degree of fattening show a smaller value accordingly as the density increases, but the total weight of meats per plate did not decrease.

※ 東北海区水産研究所業績 第96号

* 旧姓佐藤.

I. 緒　　言

カキ殻やホタテガイの殻で採苗した種ガキを垂下養殖すると、原板に附着する種苗数が多い場合には、各個体は原板上にギッシリ混み合つて生育するが、生長が進むにしたがつて一部のものは斃死し、生残個体数は減少する。また個体の大きさや貝殻の形態も密度によつて可成りの差異がみられる。生残個体数や個体の大きさは剝身の生産量に直接影響するので、これらに及ぼす密度効果の現象を解明することは、垂下養殖によるカキの生産を合理化する上で基礎的に重要なことであると考えられる。

また、一般に一定の条件の下で生物を飼育栽培する場合に、その生物の生活様式に応じ、いろいろな型の密度効果が起きていると考えられるが、この研究は生物集団における密度効果の一般的法則を解明する上でも一つの参考資料になると思われる。

カキの垂下養殖が考案されてから既に 30 余年を経ているが、垂下養殖カキの密度効果に関する研究は極めて少く、われわれの知る限りでは、横田・菅原 (1941) の研究がみられるだけである。横田等の研究では、1 枚の原板に附着する種苗数を片面だけに限つて、10, 15, 20 個の密度で養殖した結果、個体の平均肉重量は密度が高いものほど低下する傾向にあるが、1 連当りの総肉重量についてみれば、密度が高いものほど多いという結果を得ている。

しかし実際に養殖に用いられている原板の種苗附着数は、原板の両面で100個を越えることもあり、また横田等の研究ではふれられていなかつた身入りと密度の関係も重要であり、養殖カキに於ける密度効果の問題はなお研究の余地が多い。

カキの垂下養殖に於ける密度効果は、原板1枚に対する附着種苗数（個体密度）によるもの以外に、原板と原板との間隔（株密度）によるものもあれば、更には連段階、養殖施設段階に於ける密度効果もあるが、垂下養殖の場合の基本単位である連の内部で起きている株相互間の密度効果と、株内での個体間の密度効果を解明することは、より高い段階での密度効果を究明していく上でも基礎的に重要である。

われわれは1953年及び1954年に宮城県松島湾のカキ養殖場で、垂下養殖カキの個体密度効果及び株密度効果について二・三の実験的研究を試みた。カキの養殖実験は条件が複雑で個体差・実験誤差が大きいにもかゝわらず、手数がかゝるため小規模な実験しか行えず、満足のいく結果は得られなかつたが、連の内部に起きている密度効果の大凡の傾向は握みえたので、こゝに先ず個体密度効果に関する結果を発表する次第である。

II. 実験条件及び測定

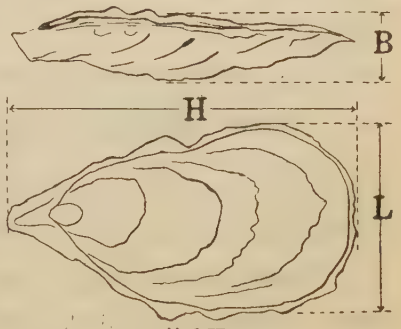
実験は松島湾内の桂島松崎地先の養殖場で行つた。養殖筏を設置した場所は、干潮時の水深約3m、海底は砂泥質でアマモが粗に生えている。潮通しは湾口部に近いため湾内では比較的良好な場所である。種ガキは実験を行つた前年度に同湾で採苗し、実験に供するまで床上げ処理を行い、

生長を抑制してあつたカキ (Ostrea gigas) の種苗である。

原板(ホタテガイ：殻高 10.5～12.0cm)は種苗の分布があまり片寄つていないものを選び、種苗附着数は原板の両面（ホタテガイの殻の内側と外側）を同数に揃えるために、一部の個体を間引いた。懸垂には亜鉛引鉄線 (10番線) を用い、ホタテガイの殻の内側を下に向け、水面下 1.2 m 層に 40cm 間隔に垂下した。原板は1連に1枚とし、水平に保ち波浪等で震動しない様に、上から細い竹管を通して固定した。垂下位置は外囲条件をより等しくする目的で、養殖期間中（6月10日—11月17日）に5回、無作為に入換えた。

養殖中に原板やカキの上に附着する生物は毎月 1～2 回ナイフで剝落して繁殖を防いだ。

貝殻の大きさや肉重量はそれぞれ次の様にして測定した。



第1図

1. 殻高 (H)・殻長 (L)・殻幅 (B) は第1図に示した部位をノギスで測定した。

2. 個体の全体積 (T. V) 及び貝殻体積 (S. V) は直接排水量を計り、殻内容量(C)は全体積と貝殻体積の差から求めた。

3. 生肉重量は剝身を濕つた布で軽くぬぐつた上で計量した。

4. 乾燥肉重量は 100°C の溫度で電熱乾燥し恒量になつたときの重さである。

5. 身入度は、乾燥肉重量(gr)/殻内容量 (cc)×1000 として計算した。

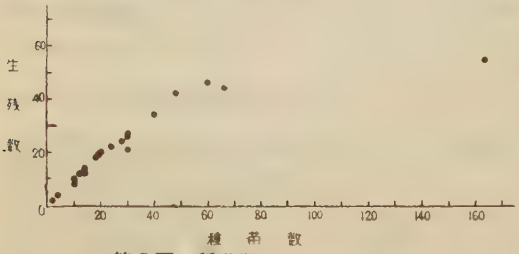
III. 種苗数と生残個体数との関係

養殖を始めてから收獲時までの斃死個体の出現数を時間的に観察した結果は第1表に示すように、種苗密度が低い原板では收獲時期までほと

第1表　種苗密度と斃死個体の出現時期

使用原板数	種苗附着数 上面	下面	合計	斃死個体数 6月10日～7月9日	7月9日～8月17日	8月17日～11月17日	合計	生残数 11月7日	斃死率 (%)
8	1	1	2	0	0	0	0	2.0	0
6	2	2	4	0	0	0	0	4.0	0
2	5	5	10	0	0.5	0.5	1.0	9.0	10.0
1	6	6	12	0	0	0	0	12.0	0
3	7	7	14	0.33	0.33	0.33	1.0	13.0	7.2
1	9	9	18	0	0	0	0	18.0	0
1	9	10	19	0	0	0	0	19.0	0
2	10	10	20	0	0	0	0	20.0	0
1	12	12	24	0	1	1	2	22.0	8.3
1	14	14	28	1	2	1	4	24.0	14.3
3	15	15	30	3.33	1.33	0.67	5.33	24.67	17.7
1	18	18	36	0	3	0	3	33.0	8.4
1	20	20	40	0	4	2	6	34.0	15.0
1	24	24	48	2	3	1	6	42.0	12.5
1	30	30	60	2	9	3	14	46.0	23.3
1	40	26	66	10	11	1	22	44.0	33.3
1	45	118	163	82	25	2	109	54.0	66.8

んど斃死しないが、種苗密度が高くなるにしたがつて斃死率が高くなつている。斃死個体の出現時期は、種苗数が163の場合は6～7月に最も多く斃死し、60以下では7～8月に多い傾向がみられるが、何れも斃死個体の大部分は8月中旬以前で個体がまだ充分生長していない（重量にして收獲時の約1/3以下：殻高•殻長より推定）時期に現れており、8月中旬以降に斃死する個体は少く、生残数はほゞ一定になつている。



第2図　種苗数と生存数との関係

次に收獲時の生残数と種苗数の関係を図示すると第2図の様に、種苗数の多い原板ほど生残数も多くなついてるが、生残数は種苗数の増加につれて一定の値に收斂する傾向をもつており、生残数に一定の限界があることを示している。原板1枚当りの生残限界は、この実験では種苗密度の高い場合の実験例が少いので、あまりハッキリしないが、他の実験でも同じ傾向がみられるので、この場合は、種苗数と生残数の曲線的傾向からみて、生残限界は60個程度と推定される。

ところで種苗数が生残限界以下の場合でも、かなりの斃死個体が現れているが、種苗数と平均生残数との回帰関係は次の式がほゞ当はまる。

$$n=M\left\{1-\frac{(M-1)(M-1-\alpha)(M-1-2\alpha)\cdots\cdots(M-1-N-1\alpha)}{M\quad(M-\alpha)\quad(M-2\alpha)\quad\cdots\cdots(M-N-1\alpha)}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

但し　n＝原板の片面の生残個体数
M＝　〃　生残限界数
N＝　〃　種苗数
α＝定数

こゝで $N\geqq\frac{M-1}{\alpha}+1$ の場合には(1)式の{}の中の値は常に1と規約する。

上述の様にカキの種苗を原板に高密度に附着させて養殖する場合には、個体がある程度の大きさに達するまでの間に密度に応じて斃死個体が現れるが、ある大きさ以上になると個体の大きさが更に増大しても斃死個体はほとんど現れない。この様に個体の小さい時期に一部が斃死することは、農作物に於ける間引と同じ様に、残存する個体の生長をより旺盛なものにすると考えられるが、カキの場合には、何等人為的な間引を行わなくとも、自然の生育過程の中で一部の個体が淘汰されている。

IV.　斃死個体の出現過程

原板に附着したカキの種苗は、個体の小さい内は、左殻を原板の表面に密着させながら貝殻を形成しており、障害物が存在しない限りカキはこの附着生長を続ける性質をもつている。しかし限られた原板の上では生長がある程度進むと貝殻の生長点（周辺部）が原板の縁に達したり、他の個体と衝突したりして、附着生長が不可能になる。その場合カキは貝殻の伸長方向を変えて障害

物のない場所に歪んだ形に貝殻を形成したり、或は生長点を原板から遊離させ、附着物なしに空間に向つて個体独自で貝殻を形成していく性質をもつている。したがつて原板に附着した各個体は、いづれもやがて附着生長の限界に達し起立生長に移行しなければならないが、この附着生長から起立生長への移行は、個体の附着位置や伸長方向と周囲の個体との関係で、附着生長の余地がなくなつた個体から順次行われる。

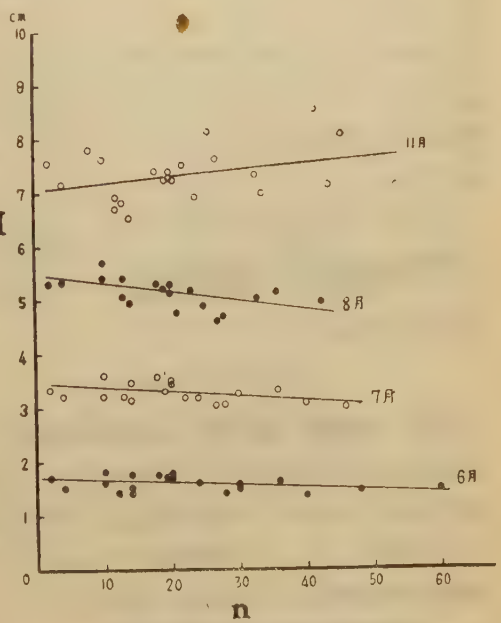
ところで種苗の密度が低い場合には、空間的に余裕があるため、起立生長への移行にかなりの個体差があつても、大抵の個体は生長を続ける為に必要な空間を確保出来るが、密度が高い場合には、起立生長への移行が遅れた個体や、原板上で占める面積の小さい個体は、先に起立生長へ移行した個体が密に空間を占拠しているために、生長に必要な空間を失う場合が出て来る。密度の高い原板にみられる斃死個体は、この様に附着生長から起立生長への移行の際に、更に生長する為の空間が与えられず生長が停滞する反面、周囲の個体の生長に伴つて摂餌効率の低下、浮泥の沈着腐敗等が起り生活条件が悪化して、やがて斃死するものと思われる。一方起立生長へ移行した個体は、それぞれ原板を中心にほぼ放射状に貝殻が形成されていくので、生長が進んでも個体間の空間的圧迫はあまり起らないので、斃死個体も少いものと思われる。

V. 貝殻の生長及び形態に及ぼす密度効果

殻高 (H) の平均値と密度 (n; 原板1枚当りの生残数) との関係は第3図に示す様に、各時期ともほゞ直線的関係にあり、次の様に一次式で表される。

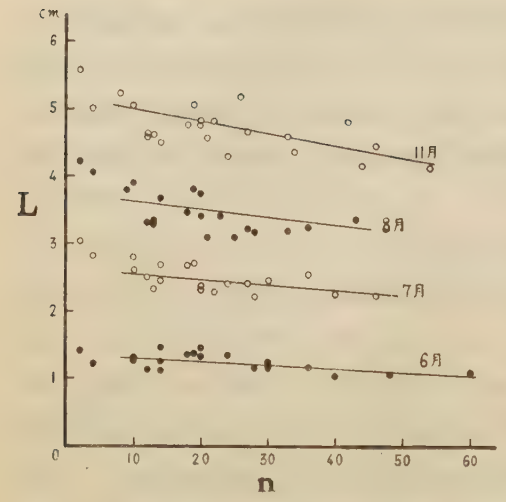
$$H=h_1+h_2n \quad \cdots\cdots\cdots (2)$$

こゝで定数 h_1 は生長が進むにつれて大きくなる正の値で、係数 h_2 は直線の勾配を表している。こゝでこの直線関係の勾配は、種苗が原板に附着した直後は、密度によつて殻高に差があるとは考えられないので $h_2=0$ で勾配は無いはずであるが、実験を始める時にはすでに勾配をもつて居り、密度効果が現れている。その後生長が進むにしたがつて勾配はやゝ急になるが、11月にはすでに勾配は逆になつており、密度が高いほど殻高は大きい。したがつて h_2 は0から出発して一度負の値をとり、殻高が 6cm 位の時に再び0になり、その後は正の値になつている。



第3図　殻高(H)と密度との関係

一方殻長 (L) の平均値も第4図に示す様に各時期とも密度との間にほゞ直線関係が認められ、



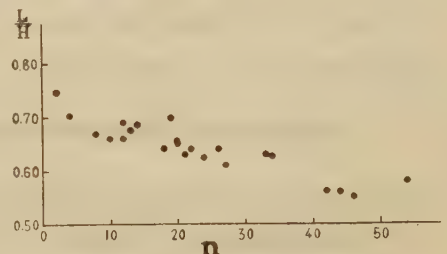
第4図　殻長(L)と密度との関係

$$L=l_1+l_2n \quad \cdots\cdots (3)$$

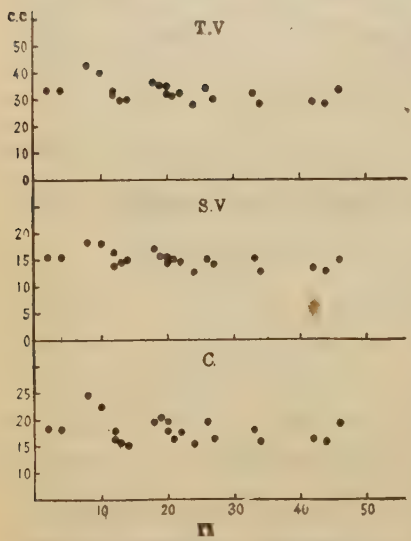
で表すことが出来るが、殻長の場合には、l_2は負の値のまゝ勾配は益々急になり、密度が高いほど殻長は相対的に小さくなつている。

殻幅(B)については、收獲時の関係しか得られていないが、この場合もほゞ直線関係*が成立つており、殻長の場合と同様勾配を表す係数は負の値である。

既に述べた結果からも想像出来る様に、貝殻の形態は生長が進むにつれて、密度の高い原板に育つた個体ほど殻高の方向に細長い所謂“長ガキ”型を呈している。この傾向は第5図に示すL/Hと密度との関係をみれば一層明らかである。



第5図　L/Hと密度との関係



第6図　全体積(T.V)，貝殻体積(S.V)，殻内容量(C)と密度との関係

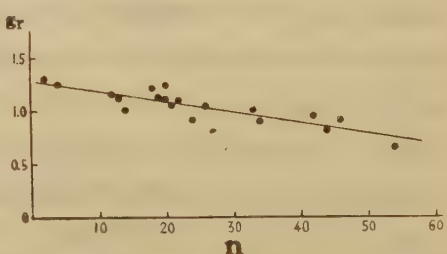
この様にカキの貝殻は密度によつて形態が変化するので、貝殻の立体的な大きさは殻高や殻長の値から直接比較することは出来ない。ところで、貝殻の立体的な大きさ：全体積(T.V)・貝殻体積(S.V)・殻内容量(C)と密度との関係をみると、第6図に示す様に密度の高い原板に育つた個体は幾分平均値が小さい傾向がみられるが、その差異はあまり大きくない。軟体部を收容する殻内容量と密度との関係は次の式で表される。

$$C=19.21-0.06137n \quad \cdots\cdots (4)$$

VI.　肉重量・身入度に及ぼす密度効果

個体当りの平均乾肉重(D)と密度(n)との関係は第7図に示した様に、密度が高いほど平均乾肉重は低下する傾向にあり、ほゞ直線的であるから、これも次の様に一次式で表すことが出来る。

$$D=a+bn \quad \cdots\cdots (5)$$



第7図　平均乾肉重(D)と密度との関係

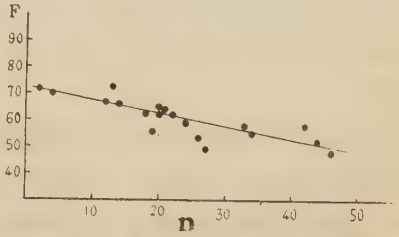
* 但し密度が低い部分では直線関係が当はまらないが、これは密度が低くて個体間の衝突が起らず附着生長を続けていたためである。

次に原板 1 枚当りの総乾肉重（Y）は、平均値と密度との関係が (4) 式で表されるから、

$$Y=an+bn^2 \quad \cdots\cdots (6)$$

となり原点を通る放物線を画く。したがつて (6) 式では総乾肉重 Y が最大値を示す密度が存在し（この場合は、$a=1.2925$, $b=-0.01055$ で Y が最大値を示す $n=a/-2b=61.3$）、n が更に大きくなると Y は次第に低下する関係にある。しかし生残数は先に述べた様に一定の限界があり、実際に起り得る生残数の範囲内では、総乾肉重は低下しない。

平均生肉重と密度との関係も乾肉重の場合と同様直線関係が認められるが、生肉重の場合は、密度の高い原板の個体ほど身入りが悪く水分含量が多いため、密度の増加に伴う平均値の低下率は乾肉重の場合より小さくなつている。



第8図　身入度(F)と密度との関係

次に身入度と密度との関係は第8図に示した様に、この場合もほぼ直線的な関係がみられ、高密度ほど身入りが悪くなつている。しかし身入度と密度の関係は、身入期（冬期；11月～3月）の終りに近づくほど、身入度が高くなる傾向にあるので、身入りの速度に及ぼす密度効果を明らかにし、一定の身入り状態（商品としての品質を満す）に達すまでの養殖期間と密度との関係を明らかにすることが生産上はより重要であると考えられるが、この実験ではその点にはふれることは出来なかつた。

VI. 考　　察

1.　われわれの実験結果では、1 枚の原板に生残可能な個体数の限界は約 60 個と推定されるが、この様な生残限界密度を生物学的に説明することは極めてむづかしい問題である。しかしこゝで一つ興味深いことは、原板当りの総乾肉重が最大になる密度の理論値（この実験の場合は約 61.3個）と生残限界が近似しており、また他の実験の場合にもほぼ同様な関係が成立つことから、"原板の総乾肉重が最高に達する密度と生残限界密度が等しい" という関係が存在する様に思われる。その場合生残限界は密度効果の強さによつて規定されることになるが、この点についてはなお検討の余地がある。

原板に附着している種苗がその密度によつて、生長と共に部分的に斃死する過程についてはすでに詳しく述べたが、この種苗の部分的、全体的過剰にともなう斃死個体の出現は、カキが固着生活を営み、自由に生活の場を移動することが出来ない事と不可分な関係にあることは明らかである。

次に種苗数と收獲時の生残数との関係が (1) 式で表される機構については、次の仮設で説明される。

こゝで原板の両面は一応隔離されているから原板の片面について考えることにする。いま原板

の片面に生残可能な限界を M 個とし、その面を M 個の等しい価値をもつ区画に分けた場合、1区画にカキの成体は1個体しか生残ることが出来ないので、偶然1区画に2個以上の種苗が附着した場合には、その内の1個体のみが生残り他は斃死するか或は他の区画へ移動すると考えねばならない。実際には種苗の存在しない区画が近くにあれば、カキは附着した最初の位置は移動しないけれども、貝殻の伸長方向によつては偶然その不在区画を占めて生残ることも出来る。したがつて個体の分布は、最初の分布よりも生長の過程で、成る程度排他的な分布に移行するのであるが、結果からみれば種苗の分布は始めから或る程度排他的な傾向をもつていたと考えることも出来る。

そこで種苗の分布が初めから排他的であつて、その後は移動しないとすれば、1つの区画に偶然2個以上の種苗が附着している場合には1個体のみ生残り他は総て斃死することになる。したがつて総種苗数が N 個のときの生残数は、M 個の区画のうち、種苗が1個体以上附着している区画の数と一致する。

こゝで排他的だあるということは、各区画に種苗が順次附着する場合について考えると、M 個の区画のうち A という区画に最初の個体が附着する確率は $1/M$ であるが、次の個体が附着する場合に、もし A に最初の個体が附着している時は、個体間に何等かの干渉が起り2番目の個体にとつては区画 A は他の区画に比して附着しにくゝなるということであろう。そこで、区画 A が他の区画に比して附着しにくゝなるということは、場の価値という点からみれば、個体の存在によつて場の価値が或る値だけ低下したとみることが出来る。この様な場の価値の変化を、一つの区画の価値を1,1個体が存在することによつて低下する場の価値を α とし、一つの区画に個体が附着していくにつれて場の価値が $1, 1-\alpha, 1-2\alpha \ldots 1-n\alpha$ と低下していくものと仮定すれば、最初の個体が区画 A に附着している場合に、2番目の個体が同じく A に附着する確率は、A の価値と全体の場の価値との比であるから、$(1-\alpha)/(M-\alpha)$ となる。この様に考えていけば、M 個の区画に N 個の種苗が附着している場合に、1個体も種苗の附着していない区画（不在区画）の全区画に対する割合は、ある任意の区画に偶然1個体も附着しない確率に等しいから、不在区画率 $P_{(0)}$ は

$$P_{(0)}=\frac{(M-1)}{M}\frac{(M-1-2\alpha)}{(M-\alpha)}\frac{(M-1-2\alpha)\ldots.(M-1-\overline{N-1}\alpha)}{(M-2\alpha)\quad\ldots.(M-\overline{N-1}\alpha)}\ldots\ldots\ldots(7)$$

となる*。したがつて生残数 n は全区画数から不在区画数を差引いた残りの区画数に等しいので

---

* (7) 式は Pōlya-Eggenberger の分布で伝播定数を負の値にとつた場合の不在区画率を表し、一般式

$$P_{(N,i)}=\frac{N!}{i!\times k!}\times\frac{p(p+\alpha)(p+2\alpha)\ldots\ldots(p+\overline{i-1}\alpha)\,q\,(q+\alpha)}{(1+\alpha)(1+2\alpha)\ldots\ldots(1+\overline{N-1}\alpha)}$$
$$\frac{}{(q+2\alpha)\ldots\ldots(q+\overline{k-1}\alpha)}$$

但し　$p=\frac{1}{M}$，$q=\frac{M-1}{M}$，$N-i=k$

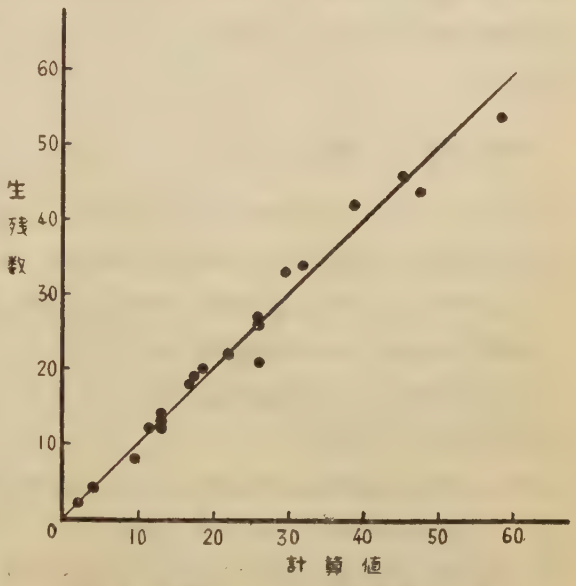
は $\alpha>0$ のとき梅棹 (1950) の云う様にプラスの干渉をもつた分布様式であるが、$0>\alpha>-1$ のときはマイナスの干渉をもつた分布に適用出来る。

$$n=M(1-P_{(0)})$$

$$=M\left\{1-\frac{(M-1)(M-1-\alpha)(M-1-2\alpha)\cdots\cdots(M-1-N-1\alpha)}{M\quad(M-\alpha)\quad(M-2\alpha)\quad\cdots\cdots(M-N-1\alpha)}\right\}$$

となり初めに示した(1)式が得られる。こゝで実際に(1)式から生残数を求める場合には、$N\geqq(M-1/\alpha)+1$ のとき { } の中は常に1と規約する。

こゝで(1)式をデータにあてはめるのであるが、M や α をデータから計算によつて求めるのはかなり面倒なので、曲線の傾向から、大ざつぱに $M=30, \alpha=0.5$ と想定して原板の片面毎に生残数を求め実測値と対比した結果は第9図の様になり、かなり良く適合している。



第9図　生残数と(5)式による計算値との比較

2. 貝殻の立体的な大きさを表す殻内容量等は、第6図に示した様に密度によつてあまり大きな差異はみられなかつたが、貝殻の質は密度が高いほど白墨質沈澱が多く粗に出来ており、質の面では明らかに密度効果が観察された。それにしても乾肉重量にみられる密度効果が貝殻の量的増大の面にあまり反映しないのは貝殻の生長が軟体部の生長に対して相対的に独立であることを意味しているものと考えられる。

殻長や殻巾が密度の高いほど小さな値になることは、原板の面積が限定されて居るので、1個体当りの原板上で占める面積が少くなる為であると考えられる。生長が進むにつれて密度が高いほど殻高の生長が速やかになり、殻が細長くなるのは殻長や殻巾の生長が空間的に制約されるために、貝殻の形成能力が殻高の生長により多くそゝがれる為であると思われる。殻高や殻長に対する密度効果のこの様な特長は、横田等の測定結果についても認めることが出来る。

3. 密度が高くなることによつて平均肉重量が低下する要因の第一に考えられることは餌料の配分問題である。カキは個体の大きさに対応して海水を濾過し、その中に浮游している餌料となる有機物を摂取しているのであるが、個体が密集している場合には、総ての個体が常に新鮮な餌料濃度の高い海水を濾過するとは限らず、既に他の個体によつて濾過され、餌料が無くなつた海水の一部が再び他の個体によつて濾過されることが当然考えられる。したがつて或る水塊が原板の周囲を通過していく間に、反復濾過される機会は、密度が高くなるほど多くなるから、各個体は単独の場合よりも密度が高いほど餌料濃度の低い海水を濾過することになり、軟体部の重量増加は遅れるものと思われる。第2には密度の増加に伴つて周囲の海水中の排泄物の濃度も高まる

と考えられるが、排泄物が何等かの作用によつて生長を阻害する様なことがあれば、個体密度の増加は、平均肉重量が低下する傾向をもたらすものと考えられる。

ところでこれらの密度効果の要因としてあげられたものは、何れも原板の周囲を通過する流速が大きくなれば、密度効果は何れも小さくなる傾向にあると考えられるので、密度効果の強さを表す直線の相対的勾配係数 b/a は一定したものではなく、その場の流速等によつて変化する値であろう。また、この b/a の値は生育の過程で一定の変化を示すものと考えられるが、この点については更に実験を試みなければ明らかには出来ない。但し、1954年に行つた実験の場合には、養殖期間が長く乾肉重はこの実験の場合の2倍近くにまで生長したが、b/a はほゞ等しい値が得られている。

VII. 摘　　要

ホタテガイの殻に採苗した種ガキを垂下養殖し、種苗数と生残数との関係及び、貝殻や軟体部の生長に及ぼす密度効果について研究を試みたが、その結果次の様な結論が得られた。

1. ホタテガイの原板（径10.5～12.0cm）に生残し得るカキの最高限界は約60個で、種苗数と生残数との間には一定の函数関係が成立つている。
2. 殻高は始めの内は密度が高いほど小さい傾向にあるが、約6cm 以上になると密度が高いほど殻高は大きくなる。
3. 殻長や殻巾は何れも密度が高いほど小さな値を示している。
4. 殻内容量は密度によつてあまり変化しない。
5. 肉重量、身入度は密度が高いほど小さな値を示すが、原板当りの総肉重量は密度が高いほど大きい。

文　　献

横田滝雄・菅原兼雄 (1941). 筏式垂下養蛎に於ける牡蛎の密度に就いて　水研誌 **36** (2) 28-31.
梅棹忠夫 (1950). 生物社会関係の量的表現 (1) 生物科学 **2** (4) 179-185.
吉田耕作・他 (1954). 応用数学便覧 474. 丸善.

內灣底土中の可溶性栄養塩について※
第5報　窒素並に燐の無機化に及ぼす貯藏溫度の影響

奥　田　泰　造

ON THE SOLUBLE NUTRIENTS IN BAY DEPOSITS
V. INFLUENCE OF THE TEMPERATURE ON THE FORMATION OF AMMONIA-N AND PHOSPHATE-P DURING THE STORAGE OF BOTTOM MUDS.

By

Taizo OKUDA

The present paper deals with the influence of the temperature on the formation of Phosphate-P and Ammonia-N during the storage of bottom muds. The muds of several layers (0～0.5cm, 0.5～5cm and 5～10cm from the bottom surface) were stored in the dark for 40 days under various temperature (5, 10, 15, 20, 25 and 30°C), and Phosphate-P and Ammonia-N contents in the bottom muds were determined at intervals. The following results were obtained:

The formation of the two elements became greater in proportion to the temperature during the storage, in particular, the formation of Phosphate-P in the range from 15°C to 30°C and that of Ammonia-N in the range from 20°C to 30°C were remarkable.

The formation of the two elements during the storage varied with the muds of various layers, namely, the amount formed in the top layer (0～0.5cm) was remarkable in contrast to the other two layers (0.5～5cm and 5～10cm).

In the muds of the two layers from the bottom surface (0～0.5cm and 0.5～5cm), a gradual decrease of the two elements occurred after the maximum had been reached, on the other hand, in the deeper muds (5～10cm), the formation of these elements hardly occurred throughout the storage period, and such tendencies were more pronounced in the range from 20°C to 30°C.

緒　　言

松島湾の様に浅く、底土が軟泥で占められ、且つ流速の小さい内湾に於ては、栄養物質の循環

※ 東北海区水産研究所業績　第97号

に関して、底土の果している役割について考慮することは意義あることゝ考える。筆者はこうした見地から、可溶性栄養塩の海水と底土間の問題について研究を進めて来た。

底土中及びその間隙水中の可溶性栄養塩含量は、季節的に可なり変化し、概して夏季に高く冬季に低い傾向のあることは既にその一部を報告した通りである。（谷田・奥田 1956）本研究の第3報（奥田 1955）で、底土中の可溶性栄養塩は、海水と接している表面から漸次海水中に拡散・溶出していくことを実験的に認め、また干潟に於て干出中に生成増加した底土表層部の可溶性栄養塩は、冠水すると急速に海水中に溶出することを報告した。さらに同報告で述べた様に、底土の貯蔵中に可溶性栄養塩の生成（無機化）する速度過程は、6°C と 26°C で貯蔵した場合、著しい差があり、表層泥の様に未分解有機物を含む泥土は、26°C では 6°C の場合に比して極めて急速に可溶性栄養物質の生成がみられることが知られた。しかしこの実験では 6°C と 26°C の2条件だけであつたので、調査観察結果について検討・考察する上には不十分であるので、本報告では底土中での可溶性栄養塩の生成と温度条件との関係について、底土の層をも考慮に入れて実験を行つたので以下に報告する。

本文に入るに先立つて、種々の御指導と本稿の御校閲を賜つた、本所増殖部長谷田專治博士、利用部長谷井潔博士及び北海道大学助教授加藤健司博士の諸先生に謹んで感謝の意を表します。

実験材料並に実験方法

本実験に使用した試料は、塩釜港内当研究所前の干潮時には干出する場所からとつた。この地域は港奥の都市廃水や加工場処理水等によつて汚染された海水の影響を受けることが多く、有機性の懸濁物質の沈澱も概して多いと考えられるところで、大部分微細な軟泥からなつている。試料は干潮時に表面から 10cm までを、0～0.5, 0.5～5 及び 5～10cm の3層に区分して採つた。

第1表　供試泥中の N 並びに P の含量
Table 1　The contents of nitrogen and phosphorus in muds, used in the experiment.

Depth of mud cm	Initial contents of soluble N·P			Total N·P		
	Ammonia-N	Phosphate-P	N/P	N	P	N/P
0～0.5	6.4γ/g	2.9γ/g	2.2	0.397%	0.50‰	7.9
0.5～5	15	2.5	6.0	0.243	0.36	6.8
5～10	60	12	5.0	0.229	0.30	7.6

用いた試料の窒素及び燐の含量は第1表に示した通りで、全窒素並に全燐は表層部が最も高く、次いで第2層（0.5～5cm）で、第3層（5～10cm）の最下層の含量が最も低くなつている。こゝで全窒素の測定は、一般に行われる Kjeldahl 法によつて定量した。また、全燐の測定は次のようにしておこなつた。即ち全窒素測定のための分解液の一部をとり、アムモニア水で中和した後、一定容積に稀釈した。この稀釈液について、Deniges-Atkins 法により燐を比色定量し、この様にしてえられた値をもつて、こゝでは全燐として表わした。この際分解途中に於て、燐酸の散失することも懸念されるが、試料とほゞ同濃度の KH_2PO_4 液（既知濃度）について、同じ処理をして比色定量したが、何等散失は認められなかつた。

各試料は夫々均一になる様によく混合し、直径約 5cm、内容約 250cc の管瓶に分けてとり、黒色のビニール片で包んで遮光した。これを 5°C, 10°C, 15°C, 20°C, 25°C 並に 30°C の 5°C 差間隔の恒溫水槽に入れて、各々一定溫度で貯藏した。恒溫貯藏期間は 1956年2月16日～3月26日の40日間、10回に亘つて時々泥土の一部をとり、可溶性の無機燐並に Ammonia-N を測定した。

測定はこれまでとほゞ同様の方法[2]、即ち濕泥約 10g を 300cc のコルベンにとり、人工海水 200cc を添加し、3分間振盪・濾過した後、濾過した海水について、Ammonia-N•Phosphat-P を定量し、乾泥 1g から溶出した可溶性の窒素・燐の値を算出した。なお 5°C 区分の試料は貯藏中30日までは 2.5～5°C に保つたが、30日後はときに 7°C 位に上昇したこともあつた。その他の 10～30°C 区分の貯藏中の溫度の変動は、±1°C 以内であつた。

実験結果

第2•3表、第1•2図に示した様に、Ammonia-N•Phosphate-P 共に泥深の違つた試料間で、夫々消長傾向が著しく異つた。第3報で用いた2試料 (0～0.5cm 層、10～15cm 層)でも両者の間に消長傾向の特異な差がみられたが、本実験でも同様の傾向を示した。即ち第1層 (0～0.5cm)ではAmmonia-N•Phosphate-P の生成量が極めて大きく、第2層(0.5～5cm) では第1層よりは遙かに小さいが、それでも可なりの生成量がみられた。しかし第3層(5～10cm)では殆んど Ammonia-N•Phosphate-P の生成はみられず、寧ろ日数の経過と共に減少していく傾向すらみられた。

第2表　各種温度で貯藏した場合の底土中 Ammonia-N の変化
Table 2　Ammonia-N contents (γ/g) in bottom muds during storage under various temperature.

Depth of mud	Temp. °C	Days of storage									
		1	3	5	7	10	15	20	25	30	40
cm	5	9.6	25	32	43	56	68	93	130	140	230
	10	16	33	51	71	100	160	210	280	320	390
	15	19	50	90	140	230	310	440	430	460	540
0～0.5	20	35	130	200	330	420	490	520	580	560	660
	25	60	240	420	510	570	590	740	780	810	760
	30	150	450	580	600	670	700	730	810	750	670
	5	17	16	19	18	18	22	27	27	28	36
	10	17	20	22	25	26	33	39	48	49	55
	15	17	22	27	32	34	50	68	68	68	76
0.5～5	20	16	27	35	51	65	73	83	100	94	69
	25	19	33	54	76	92	100	110	68	56	21
	30	28	52	83	94	110	140	140	110	110	50
	5	56	57	66	72	66	70	67	58	58	70
	10	73	66	66	73	66	71	60	58	60	55
	15	53	60	62	72	66	66	59	55	50	50
5～10	20	60	63	62	72	66	66	60	56	50	39
	25	52	54	64	73	66	66	58	28	21	15
	30	54	75	61	73	56	68	49	26	16	1.5

Initial contents ……0～0.5cm layer～6.4γ/g, 0.5～5cm layer～15γ/g, 5～10cm layer～60γ/g.

得られた実験結果について、それ

第3表　各種温度で貯蔵した場合の底土中 Phosphate-P の変化
Table 3　Phosphate-P contents r(γ/g)in bottom muds during storage under various temperature.

Depth of mud	Temp. °C	Days of storage									
		1	3	5	7	10	15	20	25	30	40
cm	5	3.0	3.5	4.6	5.9	9.9	16	19	25	31	47
	10	3.1	5.7	10	18	33	43	50	54	53	63
	15	3.2	9.7	26	41	58	65	67	67	69	62
0～0.5	20	6.0	30	51	63	79	76	78	76	73	71
	25	17	58	77	83	87	86	86	81	51	65
	30	26	84	86	84	88	82	73	61	72	39
	5	2.5	2.2	2.7	3.1	3.4	3.1	3.2	2.2	3.0	3.4
	10	2.6	3.4	3.5	3.9	5.3	5.1	4.8	4.2	5.8	5.2
	15	2.5	3.9	5.4	7.3	8.4	8.0	8.5	7.3	5.6	5.0
0.5～5	20	3.8	6.0	7.6	9.3	13	11	9.6	9.5	5.0	7.6
	25	4.5	7.0	11	15	15	12	10	7.3	6.5	2.1
	30	5.5	12	14	16	17	16	14	10	15	9.4
	5	11	9.0	10	9.6	7.5	7.9	5.8	3.7	4.0	4.3
	10	12	11	9.1	9.1	7.9	7.4	5.7	3.5	4.6	3.5
	15	12	11	9.0	9.0	8.4	7.2	5.9	3.9	4.5	3.6
5～10	20	11	10	9.6	9.6	9.0	6.6	6.3	5.2	3.7	3.4
	25	11	9.0	8.4	9.6	7.8	6.6	5.2	4.5	3.9	3.3
	30	10	12	9.1	10	6.7	6.1	6.6	4.7	3.5	1.3

Initial contents……0～0.5cm layer～2.9γ/g, 0.5～5cm layer～2.5γ/g, 5～10cm layer～12γ/g.

ぞれ以下に記述する。

1.　第1層(0～0.5cm)について

第1層での貯蔵中において無機化し生成される、Ammonia-N 及び Phosphate-P の消長についてみると、生成速度は大体貯蔵溫度に比例し、実験の後期を除いては、両成分はほぼ類似した傾向をもつて変化した。Ammonia-N では 15°C 以下の場合には、貯蔵中殆ど直線的に緩慢に漸増したが、20°C 以上の場合には、寧ろ拋物線的に即ち10日目頃までの初期には急速に、以後緩慢な横這い状態となつた。一方 Phosphate-P では、5°C では全期間中直線的に、緩慢な漸増傾向であつたが、10°C 以上で貯蔵の場合には、Ammonia-N に於ける 20°C 以上の場合と同様な、拋物線的な增加傾向を示した。但しこの場合、初期の生成速度は、Ammonia-N に比して著しく急速であつたが、貯蔵期間の後半期には、25°C•30°C 貯蔵の場合、逆に減少した点は Ammonia-N とは著しく相異した現象であつた。

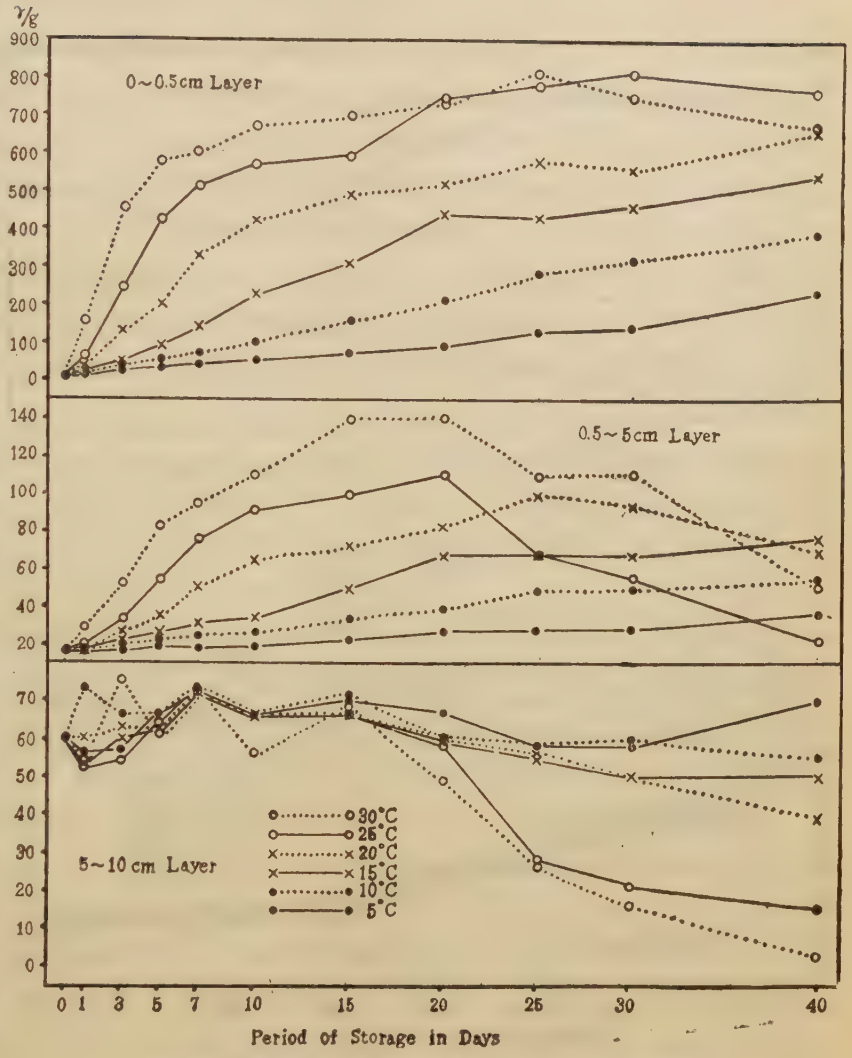
2.　第2層 (0.5～5cm) について

Ammonia-N 及び Phosphate-P 共に 10°C 以下での貯蔵の場合は、全期間中生成量は著しく小さかつた。他の溫度条件の場合には、第1層と同じ様に拋物線的な增加傾向を示し、Phosphate-P は Ammonia-N に比して、初期の生成速度が急激であつた点も同様である。しかし Phosphate-P では 10 日目頃から、Ammonia-N では 20 日目頃から、極大値に達した後、次第に含量は減少した。但し 30°C 貯蔵の場合、30 日目の含量が前後の傾向に反して、極めて高い値を示しているが、特別の意義があるのか、或は測定上の誤差によるものかは不明である。

3.　第3層 (5～10cm) について

第3層では生成量がみられないばかりでなく、むしろ始めの含量よりも貯蔵中に減少した。貯

蔵中の温度の影響は、Ammonia-Nの場合に実験の後期に於て、多少温度間の系統的な変化がみられた程度で、その他では殆どみられなかつた。両成分間では、Ammonia-Nが20日目頃までは、多少変動しながらも、殆ど貯蔵初期の含量とは大差がなかつたが、Phosphate-Pでは貯蔵後、日数の経過と共に最初の含量は漸減し、貯蔵温度の違いによる差も明かでなかつた。



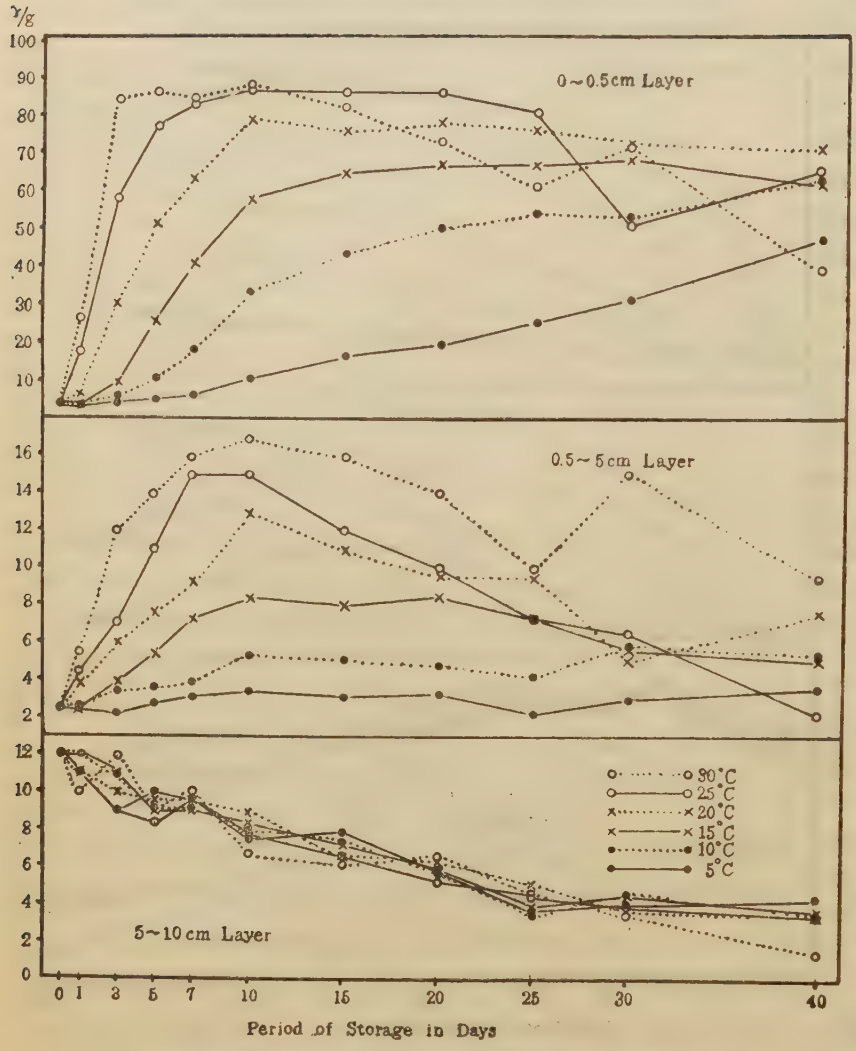
第1図　各種温度で貯蔵した場合の Ammonia-N の変化
Fig. 1　Variation of Ammonia-N contents in muds during storage under various temperature.

一般に各層とも見掛上の生成量が、極大に達して後減少し始める時期は、貯蔵温度の高い場合ほど早く、またPhosphate-PはAmmonia-Nよりも遙かに早かつた。

考　察

底土中に於ける有機物の分解――可溶性無機物質の生成の過程は、無機・有機の膠質粒子の存在のもとで進行するもので、その進行過程に於て生成した無機成分は、膠質粒子表面への吸着とか、さらに難溶性化合物の形成など、種々の複雑な現象も当然起こるものと考えられる。この様な現象並にそれを支配する条件の検討は、今後さらに研究を進めたいと考える。

以上の実験結果からみると、貯蔵中の温度条件は、かなり生成速度に影響を及ぼしていること



第2図　各種温度で貯蔵した場合の Phosphate-P の変化
Fig. 2　Variation of Phosphate-P contents in muds during storage under various temperature.

が知られる。一般に 10°C 以下では生成速度は緩慢であり、Ammonia-N では 20°C 以上、Phosphate-P では 15°C 以上になると比較的活潑になり、特に 25°C・30°C ではその速度は著しく活潑となる。この様な事実は、調査地域についての観測結果ともよく一致する様であつた。即ち底土中の溫度が 20°C 近い値になる6月頃から底土間隙水の栄養塩含量並に底土中可溶性栄養塩含量は增加し始め、8・9 月頃に最大値を示した。次いで漸次減少して冬に（1～3月）最低となつている。（谷田・奥田 1956）

この様に貯藏中の Ammonia-N 及び Phosphate-P の生成量は、溫度に比例し、25°C・30°C 貯藏の場合には著しく大きい。また生成量が見掛上最大に達して後、日数の経過と共に、減少する場合のあることがみられた。そしてこの現象は、25°C・30°C という微生物の活動に好適な溫度条件のもとでは、特に顯著に起つた場合が多い。筆者は第3報で、概略的な微生物数の消長と、Ammonia-N・Phosphate-P の消長傾向は、かなりよく一致することについて報告した。上記の様な短期間での Ammonia-N・Phosphate-P の生成要因並びに、一度極大に達して後に減少する要因については、微生物による働き或は物理・化学的な作用が考えられるが前述の様な

事実から、それらの原因は微生物の働きによつていると考えてよいであろう。

第3層は海水とは遮断された状態にあり、かなり還元的であると考えてよいであろう。水田土壌ではその還元力の増減によつて、燐酸の溶解度が著しく左右され、燐酸は還元状態の発達により可溶化し、酸化状態では不溶化するといわれる。[5] 本実験では測定する場合に、その都度試泥を十分サジで混合して行つたので、日数の経過と共に空気との接触によつて、より酸化的状態となることは当然考えられる。したがつて、上記の如き、燐の擧動があるとすれば、本実験の場合にもそうしたことが原因になつているものとも考える。また第4報（奥田1955）でも、振盪時間が長くなると、一度溶出した燐が、減少する場合のあることが観察された。従つて燐の減少する原因については、単に微生物による消費だけでなく、以上の様な化学的な作用も関連しているものと考える。

こゝで Ammonia-N や Phosphate-P が、貯藏中に生成するとか、極大に達して後減少したということは、飽くまでも見掛上のことであつて、何れにしても一方的な方向の反応だけが進むわけでなく、これら成分の生成速度と消費速度の差が、結果的に上記の様な現象となつているものと考える。

第1層は直接海水と接しているため、プランクトンの遺骸などの有機性物質を含む新しい沈澱物が絶えず海水から供給され、それらを餌料源とする底棲動物やバクテリヤも、第2層以下に比して極めて多い。こうした条件を反映して、全窒素・全燐の含量も第2層以下とはかけ離れた大きな値を示している。一方可溶性の無機態窒素や燐の含量は、第2層以下よりも著しく小さい。これは第3報で述べた様に、底土表層部から海水中へ、これらの栄養塩が拡散溶離すること、及び表層部に多い微生物によつて消費されることなどによると考える。30°C で貯藏中に可溶化生成した Ammonia-N・Phosphate-P の最大値（見掛上の）の全窒素・全燐に対する割合は、第4表の様に第1層では窒素は20%、燐は 17% に相当し、その下の第2層ではそれぞれ4.5%程度であつた。また可溶化した最大値（見掛上）は、第1層と第2層との全窒素・全燐の差、即ち窒素 0.154%、燐0.14‰に対しては、約その半量程度に相当している。このことは好適な

第4表　実験中に生成した可溶性 N・P の最大値の全 N・全 P に対する割合

Table 4　Maximum values of soluble nitrogen and phosphorus formed during storage of muds.

Depth of muds.	N		P	
	(I)	(II)	(I)	(II)
cm	γ/g	%	γ/g	%
0～0.5	800	20	85	17
0.5～5	125	5.1	14.5	4
5～10	15	0.7	0	0

(I).....Maximum values formed during storage of muds.
(II).....Percentage of(I)to total contents.

溫度条件のもとでは、第1層中の有機性窒素及び燐には、比較的急速に無機化される部分を多く含むことを示している。また 5°C 以下の溫度条件でも、第1層では高溫で貯藏した場合に較べると、その速度は極めて緩慢であるが、可なりの量が可溶無機化され、前述の様に第1層には容易に分解されうる有機物を多く含むことを示している。従つて第1層は海水と底土間の栄養物質

の動きについては、重要な役割を果す部分となつている。

第2層の全窒素・全燐の含量は第3層よりは大きいが、第1層に比すれば著しく小さくなつている。前述の如く無機化した Ammonia-N や Phosphate-P 量も第1層より著減しており、物質循環に際してこの層の関与する役割は、第1層に比すれば著しく小さいといえる。

第3層は第1•2層に比して、Ammonia-N•Phosphate-P の含量が最も高く、全窒素・全燐量は最も低くなつている。またこの貯藏中の可溶性無機窒素や燐の生成は殆どみられず、むしろ日数の経過と共に減少する傾向にあつた。初めの Ammonia-N や Phosphate-P が多く含まれていたということは、これらの成分のこの層から上層部乃至海水への拡散速度が、極めて緩慢であるためで、両成分の生成速度が急速なためでないことは、上記の点から明かで、從つて第3層は前2層に較べて海水との栄養物質の交流は、最も不活潑であると考える。

また本実驗結果は、底土中の可溶性栄養塩を測定するに当つて、採泥後の試料は、実驗に供するまでの間は低溫で貯藏し、しかも短時間内に測定する必要のあることを暗示している。

摘　　要

底土中で可溶性無機栄養塩の生成に及ぼす、貯藏中の溫度の影響について検討するため、0～0.5cm（第1層）、0.5～5cm（第2層）、5～10cm（第3層）の各層の底土を、5°C から 30°C まで約 5°C 間隔の6段階の溫度条件で貯藏し、次の様な結果をえた。

(1) 貯藏溫度によつて、生成速度は著しく異なり、一般に溫度に比例して生成速度は大きくなるが、10°C 以下では緩慢で、Ammonia-N では 20°C, Phosphate-P では 15°C 以上で比較的早くなる。

(2) 各層の底土によつて生成量は著しく異つた。即ち第1層の生成量は最も大きく、次いで第2層で第3層は見掛上殆ど生成量はみられなかつた。

(3) 第1•2層では、貯藏中見掛上生成量が極大値に達して後、次第に減少する場合があり、また第3層では始めの含量よりも、次第に減少することがみられた。これは貯藏溫度の高い場合に顯著であつた。

引　用　文　献

(1) 谷田専治・奥田泰造 (1956). 松島湾の水産資源に関する基礎研究　第4報　水質・底質並に底棲動物の季節遷移　東北水研報告 (6). 106～134.

(2) 奥田泰造 (1953). 内湾底土中の可溶性栄養塩について　第1報　底土中に含まれている可溶性栄養塩の一考察　東北水研報告 (2). 109～117.

(3) 奥田泰造 (1955). 内湾底土中の可溶性栄養塩について　第3報　底土に含まれている可溶性栄養塩の海水中への溶出に関する二・三の考察　東北水研報告 (4). 217～244.

(4) 奥田泰造 (1955). 内湾底土中の可溶性栄養塩について　第4報　底土と海水間における可溶性無機燐の行動に関する一実驗　東北水研報告 (5). 79～91.

(5) 川口桂三郎 (1950). 土壌化学　第6編　水田土壌の化学　養賢堂

内灣底土中の可溶性栄養塩について※
第6報　底土間隙水中に含まれている無機態の窒素並に燐の季節変化

奥　田　泰　造

ON THE SOLUBLE NUTRIENTS IN BAY DEPOSITS
VI. SEASONAL CHANGES OF THE INORGANIC NITROGEN AND PHOSPHORUS IN THE PORE WATER OF BOTTOM MUDS.

By

Taizo OKUDA

This paper describes the distributions and seasonal changes of the inorganic nitrogen and phosphorus in the pore water of bottom muds. The work was undertaken to solve problems concerning the metabolism of these elements in bottom mud.

Sampling was done once in a month for the period extending from June, 1955 to May. '56. The pore water was separated by centrifugation from fresh mud. The results are summarized as follows:

The Ammonia-N and Phosphate-P contents of the pore waters were usually high as compared with that of the sea waters during this investigation. The Nitrite-N and Nitrate-N contents of the pore waters were remarkably lower than the Ammonia-N contents of those, and were somewhat similar to these elements of the sea water.

In the winter season, the Ammonia-N and Phosphate-P contents of the pore waters in the surface layer (0～2cm) were generally lower than those in deeper layers. In the summer season, on the other hand, these elements in the surface layer were higher than those in deeper layers, or sometimes did not vary with depth. In general, the Nitrite-N contents of the pore waters increased with depth, and the Nitrate-N contents decreased with depth.

The seasonal changes of the Ammonia-N, Nitrate-N and Phosphate-P of the pore water showed a tendency of fluctuation similar to those of the sea water.

Generally speaking on the seasonal changes of the nutrients of pore water, the high contents of the Ammonia-N and Phosphate-P were observed in the summer and autumn seasons, the increase of the Nitrite-N contents occurred in the winter season, and the Nitrate-N contents tended to increase from the spring to summer seasons.

※ 東北海区水産研究所業績　第98号

緒　　言

底土中の可溶性無機栄養塩含量の季節変化については、海水中栄養塩の季節変化と関連して、別報(谷田•奥田 1956)で報告した。筆者の研究対象としている松島湾では、底土中の無機態窒素中、Nitrite-N 及び Nitrate-N は Ammonia-N に比して、含量は著しく小さく、前記報告で測定した様な、Ammonia-N や Phosphate-P の測定と同様の、即ち海水で振盪浸出する方法[6]では、その測定は困難であり、測定値は不正確となる。そのために前記報告では、底土中のこれらの2成分については省略した。本報告では以下に述べる様に、採泥直後の湿泥を直接遠心分離器にかけて、えられた上澄液について各種成分を測定した。

第3報(奥田1955)に報告した、底土から栄養物質の海水中への拡散に関する室内実験に於いて、Ammonia-N, Nitrite-N 及び Nitrate-N が循環的に出現消失する現象がみられた。この中 Nitrite-N 及び Nitrate-N は実験開始前には皆無だつたもので、実験中に底土表層部で、Ammonia-N から形態変移したと推定されることを報告した。本調査では、自然における底土中の無機態窒素の分布の形態と、その季節変化及び海水中のそれらの変化との関係について、観察したので以下に報告する。また底土中 Phosphate-P の季節変化については、別報の様に Ammonia-N と同様に、その傾向の概略を知ることが出来た。さらにその傾向を一層明らかに知るため、同様の方法でえられた間隙水について測定し、幾つかの新しい知識も得られたので、併せて報告することゝした。

本文に入るに先立つて、種々の御指導と本稿の御校閲を賜つた、本所増殖部長谷田專治博士・利用部長谷井潔博士及び北海道大学助教授加藤健司博士の諸先生に謹んで感謝の意を表します。

調査並に測定方法

第1図　調　査　地　点
Fig. 1　Location of sampling of bottom muds and sea waters in Matsushima Bay

1955 年6月から 1956 年5月まで1年間毎月1回、第1図に示した地点で採水・採泥した。これらの調査地点は別報（谷田•奥田 1956）に於ける調査地点と同様の場所であり、地点番号も別報との関連から同様の名称を用いたが、St. 4 はこの調査では欠測した。これらの調査地点は次の様な特徴を有している。即ち St. 1 は松島湾の内外に通ずる水路のうち、最も海水の交流量の大きい金島水道にあり、4 地点のうち湾外水の影響を最も強く受ける地点である。St. 2 は湾奥のアマモの密生地で、所謂藻場として特殊な環境条件を有している場所である。St. 3 は塩釜港内の中央部で、汚染された低鹹な港奥水と高鹹な湾外水の相反した二つの影響とを受ける地点である。また St. 5 は港奥にあり、汚染された都市廃水の影響を受けることの多い地点である。

採泥には Scoop type の採泥器を用い、表面から 0～2 cm(第1層)、2～5 cm(第2層) 及び 5～10cm(第3層) の3層に区分して採つた。採泥に当つては、採泥器を上げてから、傾斜して十分に海水を排除して、各層を区分して広口壜に移した。試泥は高温期間 (6～10月) には、採泥直後携帯用冷蔵庫に貯冷して持ち帰り、実験室にて遠心分離器にかけるまで貯冷し続けた。第1層・第2層の未分解有機物を多く含む表層部の試泥は、貯蔵中に無機化し可溶性栄養塩の生成する恐れがあるので、全て採泥したその日の中に間隙水の分離を行つた。都合によつてその日の中に分離しえなかつた残りの試泥 (5～10cm) も翌日中に分離を終了した。

遠心分離に当つては、分離中に試料と空気との接触を避けるため、沈澱管にコルク栓をしておこなつた。また回転数は1分間 2,000～3,000 回転で、15～20 分遠心分離器にかけた。分離した試水には、防腐のためトルオール・クロロホルムの混合液を添加した。

分離した間隙水は、少しく混濁するため、沈降させ清澄になつてから、上澄液をとつて測定した。Phosphate-P や Ammonia-N の様に濃度が高く、かなり稀釈して測定する場合には、それ程でもなかつたが、Nitrite-N や Nitrate-N の様に濃度が低く、原液について直接測定する場合には、分析上の精度は低かつた。しかし大略の傾向を知ることは、十分出来るものと思われる。

水は表面水と底層水をとり、底層海水は田村式サイフォン採水器で、出来るだけ底土直上の海水を採水した。試水には防腐のため、トルオール・クロロホルム混合液を添加した。

海水並に底土間隙水中の栄養塩の測定は、大略海洋観測法に準じて行つた。

なお上記の方法で分離しうる間隙水の原試泥に対する割合は、当然のことながら、表層が最も大きく、深層部ほど小さい。また季節的にはあまり明確でないが、冬季よりも夏季の分離量が大きい場合が多い様であるが、寧ろ採泥の際に生ずる変動の方が大きい様である。その分離率は第1表の通りで以下に示す各成分の季節的変動に比すると、全体としてはそれほど大きな変化を示さない。

第1表　間隙水の分離割合 (%)
Table 1　Percentage of the separated pore water to the raw mud(%)

Depth of mud cm	St. 1		St. 2		St. 3		St. 5	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
0～ 2	31	～38	35	～41	21	～29	24	～29
2～ 5	17	～23	15	～22	19	～24	16	～23
5～10	15	～20	8	～13	12	～18	14	～18

調　査　結　果

1.　底土間隙水中の含量と海水中の含量との比較及び各地点間の比較

Ammonia-N 及び Phosphate-P については、各地点とも年間を通じて、底土間隙水の含量は海水の含量に比して、著しく大きい値を示している。Nitrite-N 及び Nitrate-N は前2者に較べて、間隙水と海水との差は僅少であり、一般に海水並に底土間隙水ともに、Ammonia-N に比してそれらの含量が小さい場合が多い。

各地点間では、Phosphate-P・Ammonia-N の含量は、海水・間隙水ともに St. 5 の値がかけ離れて大きく、続いて St. 3 で、St. 1・2 が一般に前2地点に比して低いことが多い。Nitrite-N・

第2表　海水並に底土間隙水中の Ammonia-N の季節変化

Table 2　Seasonal changes of Ammonia-N in the pore waters of bottom muds and in the sea waters. (γ/L)

St. No	Sample	Depth of layer cm	1955 Jun. 2	Jul. 1	Aug. 11	Sep. 12	Oct. 10	Nov. 11	Dec. 5	1956 Jan. 18	Feb. 23	Mar. 12	Apr. 19	May. 21
1	Sea water	Surface	40	60	100	90	300	100	65	30	40	50	50	30
		Bottom	30	50	60	80	250	50	45	35	30	30	30	30
		Mean	35	55	80	85	280	75	55	33	35	40	40	30
	Pore water	0～ 2	1,200	1,300	2,000	1,800	1,500	1,200	950	530	550	900	1,400	1,300
		2～ 5	1,200	1,500	1,500	2,400	2,000	1,700	1,300	750	1,100	1,000	1,300	1,300
		5～10	1,200	1,300	1,500	2,300	1,500	1,200	1,100	700	900	1,000	1,200	1,100
		Mean	1,200	1,400	1,600	2,200	1,700	1,400	1,100	680	890	980	1,300	1,200
2	Sea water	Surface	30	80	130	120	160	30	25	30	20	20	30	30
		Bottom	30	80	130	90	140	30	30	35	20	20	30	30
		Mean	30	80	130	110	150	30	28	33	20	20	30	30
	Pore water	0～ 2	630	590	1,300	2,700	1,100	550	300	140	140	80	140	200
		2～ 5	500	670	4,000	4,500	2,100	1,700	500	200	140	90	230	280
		5～10	250	760	4,000	4,800	1,900	2,500	1,500	250	140	100	70	100
		Mean	400	700	3,500	4,300	1,800	1,900	960	210	140	93	130	170
3	Sea water	Surface	30	60	110	50	480	440	140	40	40	30	200	80
		Bottom	40	60	160	80	480	350	90	80	40	40	250	160
		Mean	35	60	140	70	480	400	120	60	40	35	230	120
	Pore water	0～ 2	1,500	1,800	1,500	2,000	1,900	2,300	2,400	900	650	1,000	1,500	1,500
		2～ 5	1,700	2,400	2,000	2,800	2,000	1,500	2,000	1,000	1,100	750	1,500	1,500
		5～10	2,000	2,400	2,600	4,000	3,000	3,000	3,000	1,200	1,100	1,200	1,300	1,700
		Mean	1,800	2,300	2,200	3,200	2,500	2,400	2,600	1,100	1,000	1,000	1,400	1,600
5	Sea water	Surface	410	80	120	50	620	660	380	45	40	100	250	300
		Bottom	40	60	200	180	620	500	170	200	40	40	300	250
		Mean	230	70	160	120	620	580	280	120	40	70	280	280
	Pore water	0～ 2	3,100	5,100	8,000	8,900	7,800	7,500	8,000	900	1,200	800	1,300	2,000
		2～ 5	3,400	7,800	9,000	13,000	9,600	10,000	10,000	2,300	2,000	2,300	3,000	3,400
		5～10	4,700	8,500	12,000	14,000	11,000	12,000	6,200	4,500	3,600	5,000	7,500	5,500
		Mean	4,000	7,600	10,000	13,000	9,900	11,000	7,700	3,100	2,600	4,100	4,900	4,200

Nitrate-N の海水中の含量は、Phosphate-P•Ammonia-N と同様、St. 5 が最も高く、次いで St. 3 で St. 1•2 が最も低い値を示している。一方底土間隙水中では、一般に各地点間で余り大きな差はなく、殆ど類似した含量で消長している。但し St. 5 の Nitrate-N は、他の3地点に比して小さい値を示すことが多かつた。この様に塩釜港奥部の St. 5 が、Phosphate-P•Ammonia-N の含量が大きく、一方 Nitrate-N の含量が小さい。このことは、この地点が都市廃水や加工処理水の影響を強く受け、有機性物質の沈澱が大きいため、それらの分解により底土に還元状態が発達し、Ammonia-N•Phosphate-P が生成する一方、Nitrate-N の生成が抑制されるためと

第3表　海水並に底土間隙水中の Nitrite-N の季節変化

Table 3　Seasonal changes of Nitrite-N in the Pore waters of bottom muds and in the sea waters. (γ/L)

St.No.	Sample	Depth of layer cm	1955 Jun. 2	Jul. 1	Aug. 11	Sep. 12	Oct. 10	Nov. 11	Dec. 5	1956 Jan. 18	Feb. 23	Mar. 12	Apr. 19	May. 21
1	Sea water	Surface	2.6	0.5	0	3.6	10	4	3	1	4	0	2.2	1
		Bottom	0.5	1.2	6.6	0	11	13	7	4	3.5	4.5	0	1
		Mean	1.6	0.9	3.3	1.8	10	8 5	5	2.5	3.8	2.3	1.1	1
	Pore water	0～2	1	1.5	0	0	0	1.5	9	2.5	2	5	0	1
		2～5	3	0.8	0	1	0	1.5	4	5	2	6	1	2
		5～10	3.5	0.8	1	2.4	1	2	2	5	5	8	3.5	2.5
		Mean	2.9	0.9	0.5	1.5	0.5	1.8	4	4.5	3.5	6.8	2.1	2.1
2	Sea water	Surface	0	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0
		Bottom	0	1	3	0	8	3	2	2	5	3.5	0	0
		Mean	0	0.5	1.5	0	7.5	1.5	1	1	3.5	1.8	0	0
	Pore water	0～2	1.5	1.5	0	0	1	3	6	5	3	5.5	1.5	0
		2～5	6.5	0.8	0	0	1	1.5	4	5	4	5	4	2
		5～10	4	0.8	0	1	1	4	4	5	4	6	4.5	4.5
		Mean	4.3	0.9	0	0.5	1	3.1	4.4	5	3.8	5.6	3.8	2.9
3	Sea water	Surface	5	14	16	8	20	12	7	4.2	3	1.4	4.7	3.8
		Bottom	0	11	12	8	18	14	8	4.4	2	1.1	4.5	4
		Mean	2.5	13	14	8	19	13	6.5	4.3	2.5	1.3	4.6	3.9
	Pore water	0～2	2	0.5	0	0	0	8	13	6	2.5	4	0	1
		2～5	3	0.5	0	1	0	5.5	2.5	7.5	3	5	2	2
		5～10	4	1	0	1	2	3	2.5	7	6	9	3	3.5
		Mean	3.3	0.75	0	0.8	1	4.8	4.6	7	4.4	6.8	2.1	2.8
5	Sea water	Surface	38	14	15	11	14	15	12	3.8	3	3.5	3.8	6
		Bottom	0	0	14	12	16	16	9.4	3.8	2.5	5.4	3.7	7
		Mean	19	7	14	11	15	15	11	3.8	2.8	4.5	3.8	6.5
	Pore water	0～2	1	1	0	0	0	0	3	5	5	6	1	1.5
		2～5	4	1	0	1	1	3	4	3	6	3	3	2
		5～10	4	1	0	2	1	6	1	6	6	5	3	3.5
		Mean	3.4	1	0	1.3	0.8	3.9	2.3	4.9	5.8	4.6	2.6	2.7

思われる。

2.　底土間隙水中の各成分の垂直分布と季節変化

Phosphate-P・Ammonia-N は4月～10月の高溫な時期には、St. 1・2 の第1層或は第2層が、下層の第3層の含量よりも大きい値を示すことが多い。St. 3・5 は前2地点ほどその様な傾向は著しくない。その他の低溫な時期では、各地点とも一般に寧ろ下層になるに従つて含量が高くなる傾向がみられる。Nitrate-N は各地点とも、第3層の含量が最も高く、漸次表層部へ向つてその含量は減少している。但しこの様な傾斜は11月・12月に各地点とも逆転して却つて表層部の含量

第4表　海水並に底土間隙水中の Nitrate N の季節変化

Table 4　Seasonal changes of Nitrate-N in the pore waters of bottom muds and in the sea waters.　(γ/L)

St.No.	Sample	Depth of layer cm	1955 Jun. 2	Jul. 1	Aug. 11	Sep. 12	Oct. 10	Nov. 11	Dec. 5	1956 Jan. 18	Feb. 23	Mar. 12	Apr. 19	May. 21
1	Sea water	Surface	13	3	3	2	15	12	8	2	3	1	14	45
		Bottom	35	18	30	0	25	12	8	4	0	3	5	12
		Mean	24	11	17	1	20	12	8	3	1.5	2	10	34
	Pore water	0～2	27	11	23	4.5	0	1.5	1.5	1.5	6	4	6	4
		2～5	27	15	20	2	2	5	0	1	0.8	1	2	4
		5～10	14	7	10	5	7	0	0	4	1	0	4.5	3.5
		Mean	21	10	16	4	4.1	1.8	0.3	2.6	1.9	1.1	4	3.8
2	Sea water	Surface	35	3	4	0	18	1	0	7	0	1	7	8.5
		Bottom	5	7	8	1	18	1	1	1	1	5	2	3
		Mean	20	5	6	0.5	18	1	0.5	4	0.5	3	4.5	5.8
	Pore water	0～2	25	3	3	0	0	1	2	2	3.5	5	4.5	6.5
		2～5	12	3	2	0	7	0	1	1.5	2	3	7	8
		5～10	13	2.5	0	0	0	0	0	0.5	1	4.5	4	6.2
		Mean	15	2.8	1.2	0	0.21	0.2	0.7	1.1	1.8	4.2	5	6.8
3	Sea water	Surface	80	70	55	10	25	22	18	5.5	2	20	30	30
		Bottom	13	70	75	18	30	30	18	7	5	35	30	30
		Mean	47	70	65	14	28	26	18	6	3.5	28	30	30
	Pore water	0～2	20	7	13	2	2	5	3	2	5	7	4	8
		2～5	7	15	10	4	0	0	1	0.5	3	5	6	11
		5～10	10	11	8	2	2	0	0	2	1	5	2.5	6
		Mean	11	11	9.6	2.6	1.4	1	0.9	1.6	2.4	5.4	3.9	7.9
5	Sea water	Surface	300	70	85	20	28	22	40	15	4	55	32	70
		Bottom	43	4	55	25	32	22	20	8	0	35	32	70
		Mean	170	37	70	23	30	22	30	12	2	45	32	70
	Pore water	0～2	22	10	12	0	0	0	0	2.5	4	1	1.5	12
		2～5	10	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	16
		5～10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
		Mean	12	2	2.4	0	0	0	0	1.1	0.8	0.5	0.3	11

が、下層部の含量よりも高い値を示した。また Nitrate-N では Nitrite-N とは逆に、一般に表層部の含量が高く、下層に向つて漸次減少している。

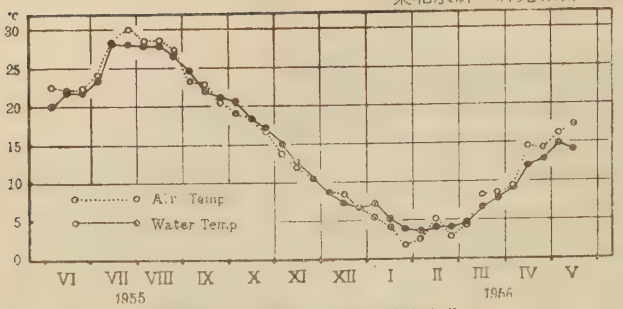
Phosphate-P•Ammonia-N の季節的な消長については、ほゞ水溫の消長傾向と類似する様である。別報(谷田•奥田 1956) で述べた様に、これら調査地点の泥溫は、水溫の消長と殆ど同様に変化し、各地点間の差も概して小さい。それで Phosphate-P • Ammonia-N と水溫の消長との関係を検討するために、St. 5 附近の水溫の季節変化を第2図に示した。Phosphate-P•

第5表　海水並に底土間隙水中の Phosphate-P の季節変化

Table 5　Seasonal changes of phosphate-P in the pore waters of bottom muds and in the sea waters. (γ/L)

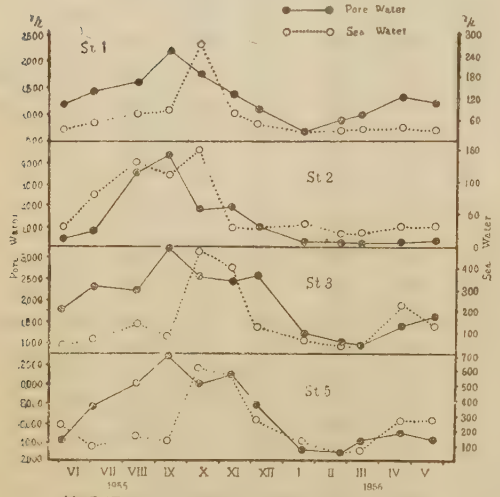
St.No.	Sample	Depth of layer cm	1955 Jun. 2	Jul. 1	Aug. 11	Sep. 12	Oct. 10	1956 Nov. 11	Dec. 5	Jan. 18	Feb. 23	Mar. 12	Apr. 19	May. 21
	Sea water	Surface	10	31	47	37	40	27	20	10	2	3	15	9
		Bottom	26	25	26	23	33	32	21	11	4.5	6	9	10
		Mean	29	28	37	30	37	30	21	11	3.3	4.5	12	9.5
1	Pore water	0～2	270	400	600	880	330	300	180	73	65	55	100	150
		2～5	360	380	800	900	600	440	250	70	130	78	160	160
		5～10	430	350	530	700	600	530	350	85	160	110	210	140
		Mean	380	360	630	800	550	460	290	78	130	89	170	150
	Sea water	Surface	18	73	69	19	16	11	11	3	1	3	4	5
		Bottom	15	78	77	20	27	15	12	5	3	3	6	6
		Mean	17	76	73	19	22	13	11	4	2	3	5	5
2	Pore water	0～2	340	240	380	730	250	150	110	45	30	28	50	120
		2～5	230	200	680	650	390	250	160	55	50	35	50	120
		5～10	110	190	500	520	270	320	260	90	50	60	65	120
		Mean	190	200	530	600	300	270	200	71	46	46	58	120
	Sea water	Surface	39	70	85	58	72	80	46	11	2	11	16	40
		Bottom	81	48	72	61	80	72	34	19	4	10	19	40
		Mean	60	59	79	60	76	76	40	15	3	10	18	40
3	Pore water	0～2	410	640	800	800	700	270	450	120	110	82	180	240
		2～5	650	900	1,000	800	670	450	580	180	290	320	300	320
		5～10	730	700	820	1,100	900	900	940	400	360	450	400	650
		Mean	630	750	870	950	790	640	730	280	290	340	330	470
	Sea water	Surface	100	100	85	75	85	150	100	21	10	31	46	53
		Bottom	40	100	85	75	85	100	53	46	5	23	51	50
		Mean	70	100	85	75	85	130	77	34	7.5	27	49	51
5	Pore water	0～2	2,100	3,200	3,000	2,800	3,000	2,200	2,400	400	290	110	820	680
		2～5	1,700	3,200	3,000	3,300	3,000	2,600	3,400	1,000	800	410	1,200	1,100
		5～10	1,500	2,300	4,000	3,300	3,400	3,000	3,700	2,100	1,400	1,600	2,000	1,400
		Mean	1,700	2,800	3,500	3,200	3,200	2,700	3,400	1,400	1,000	950	1,500	1,200

Ammonia-N とも間隙水中の含量は、各地点によつて少しく差はあるが、大体 5•6 月頃から含量が増加し、9 月頃を頂点として 10～12 月頃まで高い値が続き、1～3 月が最低値を示している。一方 5•6 月頃の水温は 15°C～20°C で、7～9 月には 25°C～30°C となり、10•11 月頃には 20°C～15°C と降下している。第 5 報（奥田 1957）に述べた様に、室内で 5°C～30°C の範囲の各温度段階で、貯藏した場合底土中に生成される Phosphate-P•Ammonia-N は、温度に比例して増加し、15°C～20°C 以上になると、その生成速度は著しく急速になることが知られた。このこ

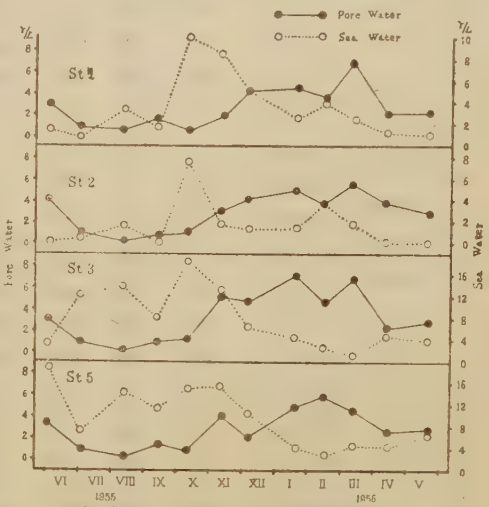


第2図　気温並に水温の季節変化
Fig. 2　Seasonal changes of air temperature and water temperature.

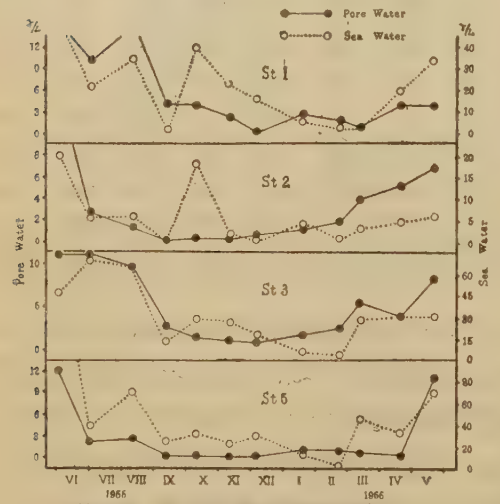
とは本調査結果とも大体一致する様で、水温が 15°C～20°C 以上の状態にあるときには、底土間隙水中の Phosphate-P・Ammonia-N 含量も一般に高い場合が多い。これら 2 成分に対し、Nitrite-N・Nitrate-N の消長は、可なり異つていて、Nitrite-N では逆に 7～10 月の高温期の含量



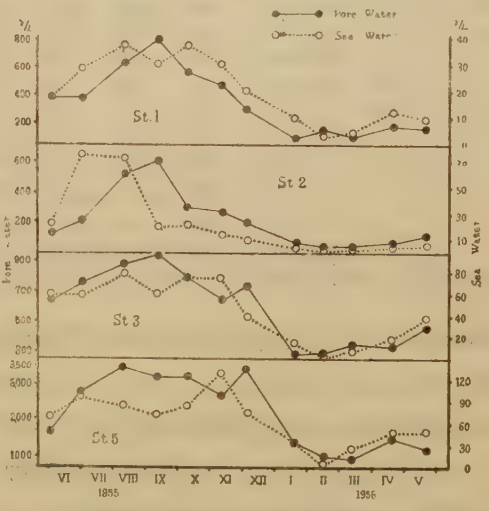
第3図　海水並に底土間隙水中の Ammonia-N の季節変化
Fig. 3　Seasonal changes of Ammonia-N.



第4図　海水並に底土間隙水中の Nitrite-N の季節変化
Fig. 4　Seasonal changes of Nitrite-N.



第5図　海水並に底土間隙水中の Nitrate-N の季節変化
Fig. 5　Seasonal changes of Nitrate-N.



第6図　海水並に底土間隙水中の Phosphate-P の季節変化
Fig. 6　Seasonal changes of Phosphate-P.

は著しく小さく、低溫期の 12～3 月には含量は高くなつている。また Nitrate-N は 9～2 月には含量が小さく、他の時期の含量は一般に大きい。しかし Nitrite-N 及び Nitrate-N はその含量が極めて小さく、その季節変化の差も、前2成分に比すると著しく小さい。

3. 各成分の間隙水中と海水中の季節変化の相互関係

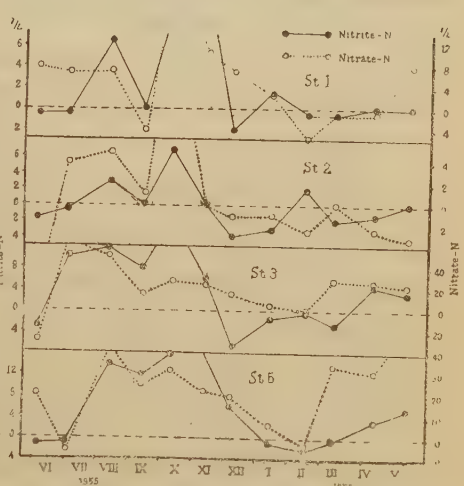
底土間隙水中、Phosphate-P 及び Ammonia-N は前述の様に、9月を中心として 7～11 或は 12 月頃まで高い含量が続いて、他の低溫期には含量は小さい。一方海水では、Ammonia-N は 8～11 月頃が含量が高く、とりわけ 10 月或は 11 月頃に著しい高い値を示し、Phosphate-P も 7～11 月頃の期間は同様高い値を示した。水溫の低い他の期間には間隙水と同様含量は小さい。また Nitrate-N も間隙水と海水の消長は類似し、3～8 月に高い値を示した。間隙水中のこれら 3 成分は海水と同様の傾向をもつて消長した。

この様な3成分の消長に対し Nitrite-N は間隙水と海水の消長は、必ずしも平行して表われなかつた。即ち St. 1•2 は海水含量が 10 月•11 月に高いほかは大きな変化はなく、底土間隙水では 12～6 月の含量が高くなつている。また St. 3•5 では間隙水の含量の小さい 7～10 月には寧ろ海水の含量が高く、逆に 12～3 月の海水含量が小さい時期には間隙水の含量が高い。こうした各成分の間隙水と海水との消長傾向の異同は、それぞれの生成乃至存在条件と関連するものと考えるが、この点の検討は後述する。

4. Nitrite-N•Nitrate-N の底土表層部間隙水中の含量と底土直上海水（底層水）の含量との比較

間隙水中の Nitrite-N • Nitrate-N 含量は Ammonia-N に比すれば極めて小さく、生産面からみれば問題にならない。しかし底土中或は海水•底土間の窒素の代謝•循環過程に関して地球化学的な或は生態学的な面からみると、これら2成分の分布狀態は Ammonia-N と同様、重要な意義をもつていると考える。この様な立場から、2 成分の分布狀態について理解を深めるため、2 成分の各調査時に於ける底土表層間隙水中の含量と、底土直上底層海水中の含量を比較してみた。

その結果を第7図に示した。この図はそれぞれその時の底土間隙水含量と底層海水含量との差をとり、間隙水中の含量が高い場合には、基準線より下に、逆に海水中の含量が高い場合には、基準線より上に記入してある。



第 7図　底土表層間隙水と底土直上海水中の Nitrite-N•Nitrate-N 含量の比較

Fig. 7　Comparison of the contents of Nitrite-N and Nitrate-N between the pore water of the surface layer (0～2cm) of bottom muds and the overlying sea water.

Nitrite-N についてみると、St. 1•3•5 では、底土間隙水の方が高い場合及び海水の含量の方が高い場合の回数は、それぞれ略々同数で、St. 2 は間隙水の含量の高い場合が遙かに多くなつている。また Nitrate-N では、St. 2 は両者の回数がほゞ同様で、他の3地点は海水中の含量が高い場合の方が多くなつている。

各地点とも、両成分は12月～翌年6月頃までの期間は、多くの場合、底土間隙水の含量の方が大きいか、或は間隙水と海水の含量差が小さい。これは前述の様にこの期間は、年間を通じて海水中の含量が小さく、間隙水中の含量が大きいためで、これに反して7月～11月には海水の含量が大きく、間隙水の含量が非常に小さいため、両者の差も前期間とは逆に、海水含量の方が著しく大きい結果となつている。

間隙水と底層海水との含量差は、どの様な原因により、またどの様な意義を持つかは明かでないが、これらの結果についての考察は、他の調査結果と共にさらに後述する。

5. 間隙水中無機態窒素並びに燐の各層毎の年間最大・最小比

これらの結果は第6表に示した。窒素・燐（Phosphate-P）ともに最大値を示す月は大体 8•9 月で、最小値は1～3月頃にみられる。（こゝでの窒素は Ammonia-N•Nitrite-N•Nitrate-N を合したものである）最小値に対する最大値の比をとつてみると、層の違いによつて可なり大きく変動することが先づ注目される。一•二の例を除けば、表層部ほどその値は大きく、下層ほど小さく、表層部は下層部に比して季節変化の割合が大きいことを示している。また St. 1•3•5 では、一般に燐の方が窒素よりも比の値が大きく、特に両者の表層部の値は著しく大きな差を示している。St. 2 は逆に燐よりも窒素の比が大きく、両者の比も他地点と較べて大きい結果を示し、また窒素の比は下層部ほど大きい値を示すなど、他の地点とは特異な傾向がみられ、含量の季節的な変動（最大・最小の差）も、比較的大きい。この様な特異な状態にあることは、この地点に密生しているアマモの生育過程とも関連しているものと考えられる。この点の詳細については、また別に検討する予定である。

第6表　底土間隙水中の N および P の最大最小並に比の比較（年間を通じて）

Table 6　The maximum, the minimum and the ratio of maximum to minimum on the inorganic nitrogen and phosphorus contents in the pore water of bottom muds. (γ/L)

St. No.	Depth of mud cm	Phosphate-P			Ammonia-N		
		Max.	Min.	Ratio	Max.	Min.	Ratio
1	0～ 2	880	55	16	2,000	530	3.8
	2～ 5	900	70	13	2,400	750	3.2
	5～10	700	85	8.2	2,300	700	3.3
2	0～ 2	730	28	26	2,700	80	34
	2～ 5	680	35	19	4,500	90	50
	5～10	520	50	10	4,800	70	69
3	0～ 2	800	82	9.8	2,400	650	3.7
	2～ 5	1,000	180	5.6	2,800	750	3.7
	5～10	1,100	360	3.1	4,000	1,100	3.6
5	0～ 2	3,200	110	29	8,900	800	11
	2～ 5	3,400	410	8.3	13,000	2,000	6.5
	5～10	4,000	1,500	2.7	14,000	4,500	3.1

考　　察

海水と底土間に於ける可溶性成分の動きについては、海水・底土のそれぞれの性状、特にその接触面の性状が大きな要因となるものと考える。とりわけ底土ではその主たる構成部分である腐植及び粘土の性状が支配的条件となり、さらに海水・底土の pH・溫度・酸化還元電位などのほか、生物的要因などが加つて、海水・底土間の各成分の移動が行われているものと考える。この様な複合された種々の要因によつて、複雑な機構で行われているものと考えるが、しかしこれを、本研究の第3報（奥田 1955）で得られた、底土中栄養塩の海水中への拡散に關する実験結果、及び第4報（奥田 1955）での燐の行動に関する実験結果などから、単純に類推すると、各成分は海水と底土の接触面に於ける両者間の濃度の差に伴つて、それぞれの方向に移動しているとも考えられる。

各成分の海水と底土間の上記の様な関係を、以上の結果についてさらに考察したいと考える。

前述の様に、底土間隙水中の窒素化合物の時期的な変遷を綜合してみると、この調査中には、Ammonia-N は9月頃を山として、7～12 月に含量が高い。Ammonia-N の減少について、12～3 月の期間には Nitrite-N の含量が高くなり、3～6 月には Nitrite-N の減少に続いて、Nitrate-N の含量が高くなる傾向がみられる。この様にして間隙水中では、これら3成分が Ammonia-N→Nitrite-N→Nitrate-N といつた循環的な消長傾向がみられるが、Ammonia-N は他の2成分に比して著しく高い値を示し、3 者の含量間には、量的な変移関係は見られない。また3者の循環についても、年1回のものであり、これらの相互の関連性については明かでない。

海洋に於ける硝化作用及び脫硝化作用については、多くの人々によつて研究されている。Cooper (1937) は海洋での窒素の形態変移について、種々の有機物質から加水分解或はバクテリヤの作用によつて、Ammonia-N さらに Nitrite-N, Nitrate-N に変ることを推論した。von Brand 等 (1937, 1939) は実験的に海水中で有機物→Ammonia-N→Nitrite-N→Nitrate-N の変移過程と、さらに Nitrate-N を含む海水に珪藻を接種して、Nitrate-N が有機物に変移する循環過程について観察した。Harvey (1925, 1926) は硝化細菌は外洋水に存在しないで、海底土に存在するとし、Waksman 等 (1933), Carey (1938) も海水中特に表層水には硝化細菌を含まないか、含むとしても僅少であり、底層水や海底土には豊富であることを認めた。さらに Waksman はこれらのことより、海に於ける Nitrate-N の形成は、硝化細菌の活動によるもので、Nitrate-N, Nitrite-N の形成は海底で行われ、形成された Nitrate-N は海水中へ拡散するだろうと推論している。一方 Nitrate-N から Nitrite-N、さらに Ammonia-N に還元する細菌が、海水及び底土中に広く分布していることも、Waksman 等によつて認められている。また筆者は第3報（奥田 1955）に於て、泥土表層部で Nitrite-N, Nitrate-N が生成し、それは深層部から拡散して来た Ammonia-N から形態変移したものであることについて推定し、この3者間で循環的に形態変移した現象について報告した。

以上の様に、底土中に於ける硝化細菌の存在、Nitrite-N•Nitrate-Nの形成については、多くの人々によつて認められており、こうした点を考慮して、さらに Nitrite-N•Nitrate-N の分布状態と、季節変化について検討してみる。

Nitrite-N の間隙水中の含量は、海水に比して高い場合が多く、底土中でも一般に下層（10cmまでの深さの範囲で）ほど高い。また Nitrate-N の間隙水中の含量は、逆に海水よりも低い場合が多く、底土中でも一般に表層ほど高くなつている。これは両成分の底土中での生成条件、並に存在条件の差異にもよるであろうが、また底土間隙水中 Nitrite-N の含量は海水からの影響よりも底土中での生成により、却つて海水中に拡散し、一方 Nitrate-N の含量は、底土中での生成よりも海水からの影響がより大きいことによるものかも知れない。しかしこれら2成分の底土間隙水中の含量は、Ammonia-N や Phosphate-P に較べて著しく小さく、果して底土間隙水中のこれらの消長が、海水中の含量とどの程度関連性があるのかは疑問である。海水中のこれら2成分は別報（谷田・奥田 1956）でもみられたが、第2•3表の様に、表層水よりも底層水の含量の大きいことが多く見受けられる点は注目される。特に塩釜港奥水の影響を受けることの少いSt. 2 に於いて、海水中の Nitrite-N•Nitrate-N 含量よりも、底土間隙水中のこれら2成分の含量が高いことが多いと云うことは、これら成分の底土中での生成並に海水中への拡散が、起こることも多いためと考えられる。この様に Nitrite-N•Nitrate-N が底土中で特徴ある分布状態を示していることは、海水・底土間及び底土中での窒素の循環過程に関連して、極めて興味深い事実であると考える。

一方 Ammonia-N 並に Phosphate-P については、前述の様に、一般に底土間隙水中の含量は海水含量に比して著しく高く、特に高温期にはその傾向が顕著である。また別報（谷田・奥田 1956）の様に、この調査水域の海水の栄養塩含量は、市街地・加工場からの廃水や、貞山運河などからの陸水によつて可成影響されているらしい。しかし第5報（奥田 1957）のように高温条件では、底土中の有機物の分解によつて、Ammonia-N•Phosphate-P の生成する速度は極めて早いことが知られた。また前述の様に間隙水中と海水中のこれら2成分の消長がよく一致している。こうした事実から類推すると、調査水域の海水中の Ammonia-N•Phosphate-P の消長には、底土からの供給の多少もかなり影響しているものと考える。

第7表のように、概して高温期には、表・下層間の含量比（即ち表層含量に対する下層含量の比）は小さく、低温期には大きくなる傾向がみられる。換言すれば高温期には、表・下層の差が小さいか、或は表層含量が下層含量より高い。低温期には逆に下層の方が表層より高いことが多い傾向がみられる。このことは次の様な原因によるものと考える。即ち高温な時期には、底土表層部に多い未分解有機物の分解に伴い、Ammonia-N•Phosphate-P の生成が活潑となり、その速度が海水中への拡散速度を凌駕する。その結果これら成分が表層部に蓄積され、下層部の含量よりも大きくなり、或はその差が小さくなる。一方低温期には生成速度は著減し拡散速度よりも緩慢となる結果、表層部の含量は漸次減少し、表層と下層との含量比が大きくなるものと考えら

れる。

また第2層、第3層の含量が、高溫期と低溫期で表層ほどでないが、可成り季節的に変化し、高溫な夏季には冬季に比して、著しく高い値を示している。このことは振盪浸出する方法で測定した場合にも、30～40cm の下層泥中ですら、その中の可溶性窒素・燐が同様に季節的に可成り変化することがしられた(谷田・奥田 1956)。一方前報の実験結果の様に、下層泥(5～10cm)は高溫で貯藏しても、見掛上 Ammonia-N・Phosphate-P の生成量が殆どみられなかつた。その原因は下層泥中には、容易に分解されうるような、未分解有機物量が極めて少いことによると考える。第3報で報告した様に、表面から 40cmまで種々の深さの底土を26°C で貯藏し、可溶性栄養塩の生成量を測定し、深層泥について同様の結果をえた。従つて下層泥中の Ammonia-N・Phosphate-P の含量が、季節的にかなり変化するということは、この層自体でのこれら成分の生成・消失すること以外に、その原因を求めねばならないと考える。そしてその原因の一つとして、Hayes, F. R. 等(1952)の観察結果なども考えられる。即ち Hayes 等は湖沼に於て、放射性の燐を施肥して、その変移過程について追跡を行つた。その結果一部は泥にも吸着され、さらに底土中でも深層部へ移動することを認めた。従つて筆者がえた上記の様な、下層泥含量の季節的に変化する現象は、底土中のこれら成分の移動にもよるものではないかと思われる。そして例えば表層で生成された Ammonia-N・Phosphate-P の深層への移動は単なる拡散作用のみでなく、そこに棲息する底棲動物の摂餌・排泄・上下移動等の活動も大いに関連するものと考える。

第7表　底土間隙水中表層 (0～2cm) 含量に対する下層含量 (5～10cm) の比

Table 7　Ratio of deeper layer to surface layer on the inorganic nitrogen and phosphous contents in the pore water of bottom muds.

Date	St. No.	1		2		3		5	
		N	P	N	P	N	P	N	P
1955	Jun. 2	1.0	1.6	0.4	0.35	1.3	1.8	1.5	0.71
	Jul. 1	1.0	0.88	1.3	0.79	1.3	1.1	1.7	0.72
	Aug. 11	0.75	0.88	3.1	1.3	1.7	1.0	1.5	1.3
	Sep. 12	1.3	0.80	1.8	0.71	2.0	1.4	1.5	1.2
	Oct. 10	1.0	1.8	1.7	1.1	1.6	1.3	1.4	1.1
	Nov. 11	1.0	1.7	4.5	2.1	1.3	3.3	1.6	1.4
	Dec. 5	1.2	1.9	5.0	2.4	1.3	2.1	0.78	1.5
1956	Jan. 18	1.3	1.2	1.8	2.0	1.3	3.3	5.0	5.3
	Feb. 23	1.6	2.5	1.0	1.7	1.7	3.3	3.0	4.8
	Mar. 12	1.1	2.0	1.3	2.1	1.2	5.5	6.3	15.
	Apr. 19	0.86	2.1	0.5	1.3	0.87	2.2	5.8	2.4
	May. 21	0.85	0.93	0.5	1.0	1.1	2.7	2.8	2.1

摘　　要

底土間隙水中の無機態窒素・燐の分布狀態並にそれらの季節変化と海水中の変化との関連などについて検討し、次の様な結果をえた。

1. 間隙水中の Ammonia-N・Nitrate-N 及び Phosphate-P の季節変化は、海水のそれらの消長とよく類似した。しかし Nitrite-N では両者の消長が一致しなかつた。

2. 間隙水中の各成分の季節変化は大略次の通りであつた。Ammonia-N は 9 月を山として、7～12 月に含量が高い。Nitrite-N の含量は 12～3 月に高かつた。Nitrate-N は3～8月の含量

が高かつた。Phosphate-P の含量の高い期間は、Ammonia-N とほゞ同期間であつた。

3. Ammonia-N•Phosphate-P は年間を通じて、海水中の含量よりも、間隙水中の含量は著しく大きい。一方間隙水中のNitrite-N•Nitrate-N は Ammonia-N に比して、その含量は著しく小さく、海水中の含量とは大差がなかつた。

4. 間隙水中の Ammonia-N•Phosphate-P 含量は、高溫な時期には表層部の含量が下層部に比して大きいか、或は差が僅少な場合が多い。一方低溫期には一般に表層よりも下層の含量が大きい。Nitrite-N は下層から表層に向つて漸減し、Nitrate-N は逆に表層が下層より高いことが一般的であつた。

引　用　文　献

(1) Carey, C. L. (1938) : The occurence and distribution of nitrifying bacteria in the sea. Journ. Mar. Res., 1, 291～304.

(2) Cooper, L. H. N. (1937) : The nitrogen cycle in the sea. Journ. Mar. Biol. Assoc., 2, 21, 183～204.

(3) Harvey, H. W. (1925) : Oxidation in sea water. Journ. Mar. Biol. Assoc., 13, 953.

(4) ———— (1926) : Nitrate in the sea. Journ. Mar. Biol. Assoc., vol. 14, pp. 71.

(5) Hayes, F. R, McCarter, J. A, Cameron, M. L. & Living stone, D. A. (1952) : On the kinetics of phosphorus exchange in lakes. Journ. Ecol., 40, 202～216.

(6) 奥田泰造 (1953) : 内湾底土中の可溶性栄養塩について　第1報　底土中に含まれている可溶性栄養塩の一考察　東北水研報告　**2**, 109～117.

(7) ———— (1955) : 内湾底土中の可溶性栄養塩について 第3報 底土に含まれている可溶性栄養塩の海水中への溶出に関する二・三の考察　東北水研報告　**4**, 217～244.

(8) ———— (1955) : 内湾底土中の可溶性栄養塩について　第4報　底土と海水間における可溶性無機燐の行動に関する一実験　東北水研報告　**5**, 79～91.

(9) ———— (1957) : 内湾底土中の可溶栄養塩について　第5報　底土の貯藏中に於て窒素並に燐の無機化に及ほす温度の影響　東北水研報告　9.

(10) 谷田専治・奥田泰造 (1953) : 松島湾の水産資源に関する基礎研究　第4報　水質・底質並に底棲動物の季節遷移　東北水研報告　**6**, 106～134.

(11) von Brand, T., Rakestraw, N. W. &Renn, C. E., (1937) : The experimental decomposition and regeneration of nitrogenous organic matter in sea water. Biol. Bull., **72** 165～175.

(12) ——, ———— & ————, (1939) : Further experiments on the decomposition and regeneration of nitrogenous organic matter in sea water. Biol. Bull., **77**, 285～296.

(13) Waksman, S. A, Hotchkiss, M. & Carey, C. L., (1933) : Marine bacteria and their rôle in the cycle of Life in the sea. II. Bacteria concerned in the cycle of nitrogen in the sea. Biol. Bull., **65**, 137～167.

塩釜港内水に及ぼす廃水・陸水の影響※
第1報　港内水の一般的性状

谷田專治・奥田泰造・佐藤重勝

INFLUENCES OF SEWAGES AND FRESH WATERS ON THE WATER OF THE SHIOGAMA HARBOUR.
I. GENERAL CONDITIONS OF THE WATER PROPERTIES OF THE SHIOGAMA HARBOUR.

By

Senji TANITA, Taizo OKUDA and Shigekatsu SATO

The Shiogama Harbour which is situated in the western part of Matsushima Bay, measures about 4km in length and communicates by the Yogasaki Straits with the open sea. This harbour is a shallow inlet with an average depth of less than two or three meters, with the exception of the nearly straight sea route that has been dredged to a depth of 7～9 meters from Yogasaki to the innermost part of the harbour. The Teizan Canal flows into the harbour at the middle southern part and the sewages of the City and factories enter at the inner part of the harbour. The cultural grounds of the laver (*Porphyra tenera* Kjellman) and the oyster (*Ostrea gigas* Thunberg) cover nearly the whole area of the north-eastern parts of the harbour. The inner limit of the cultural grounds have been gradually migrated yearly, possibly due to the properties of the water of the inner part of the harbour suffering from the abovementioned sewages in consequence of the development of the City. This project was undertaken to determine the influences of the stated sewages and fresh waters on the properties of the sea water of the harbour.

The samples in this survey were taken from selected points along the sea route, and from stations on both sides (Fig. 1, 2). The results are summerized as follows:

The distribution of Cl differed remarkably by seasons and by tides. Cl in summer was lower than in winter. The lower-Cl water covered the whole surface layer of the harbour at the maximum of ebb-tide, and the lowest distribution of Cl was observed at the canal mouth (St. 4) and the innermost part of the harbour. On the other hand, at the maximum of flow tide, the lower-Cl water in the surface layer was

※ 東北海区水産研究業績　第99号

pressed back to the innermost part of the harbour and Teizan Canal, and the high Cl of the surface layer was also observed in the deeper layer.

Great differences in the distributions of the consumption of $KMnO_4$, O_2 saturation, and pH value, as well as Cl, were found by seasons and by tides. At the maximum of ebb-tide, the high values of the consumption of $KMnO_4$ and the low values of O_2 saturation and pH were observed in the surface layer and in the inner part of the harbour, comparing with the maximum of flow-tide.

As a rule the water properties of the harbour were influenced by both fresh waters and City-and factory-sewages, and these influences decreased gradually from the innermost part to the mouth of the harbour.

The contents of ignition loss and total sulphide in bottom muds increased gradually from the mouth of the harbour to the innermost part, and these contents of the inner part inside St. 3 showed remarkably high value. In the shallow parts outside of the sea route, the contents of the above two elements were generally lower than those of the sea route.

In the inner part inside St. 3, fresh water species of plankton occurred sometimes at the maximum of ebb-tide, and at the harbour mouth (St. 5, 6), oceanic species occurred in considerable numbers, while diatom decreased gradually. The explosive multiplication of diatom was once observed at St. 2, which is situated at the inner part of the harbour.

At the harbour mouth and the shallow parts outside of the sea route, both species and individual number per nuit area were larger than in the inner part of the harbour. No living benthos could be found in the inner part of the harbour(St. 1, 2).

Generally speaking from the above results concerning the general condition, it seems that the water properties of the harbour are considerably influenced by the City-and factory-sewages and fresh waters, and the sea water in the inner part inside St. 3 is usually polluted thereby.

緒　　論

松島湾の西端に位する塩釜港（海図に於ける塩釜港内港をさす）は、代ヶ崎水道によつて外海に連なる、東西約 4km の細長い港で、水深は 2•3m であるが、代ヶ崎水道から略々一直線に港奥へ、7～9m の深さに浚渫して航路をつくり、船の出入に便をあたえている。港の西端、即ち港奥には小川が流入し、港中央部附近の南側には、貞山運河が開いている。港奥の小川の流入するところは、巡航船、遊覧船の発着場となつていて、常に水は下水を思わせる様相を呈している。この港には大小の漁船や貨物船が頻繁に出入し、又港には魚市場・造船場その他多くの漁業関係の建物が立並んでいるので、港内の水はいつも可なり汚染されていることは一見して知られる。

港の東方半分の海域に於ては、ノリ・カキの養殖が行われているが、之等の漁場は年々沖合、

即ち東方へ移動の歩むなきに至つている。約30年以前には、港の形も現在とは大分異つていたであろうが、現在の魚市場対岸にあたる藤倉附近が、ノリ養殖の最適地であつて、籬島附近まで養殖に使用されてはいたものの、この島の附近は不良地とされていたということである。それが埋立や港湾の修築と市街の発展につれて、養殖適地は次第に東方へ移動し、10年程前には籬島周辺が最適地となり、更に現在では代ヶ崎水道から眞直ぐ入つた一匹島地先が一等地となつている。このように港内の養殖適地は、こゝ20～30年の間に2km以上も沖合へ移動してしまつた。これは埋立によつて漁場そのものを失つたというだけでなく、市の発展と共に湾内の水質の悪変ということが、大きな一つの原因と想像される。

港内の水は周辺に散在する水産物加工場や魚市場から出される排水とか、市街地から流入する微細な有機物を含む水、或は漁船・貨物船から出される汚水などが入り、それらによつて性状がかなり影響を受けていると考えられる。即ち流入する汚排水に含まれている、多量の有機物が分解し、塩基性アミン類とか硫化水素の発生となり、ノリ・カキのような養殖に有害に作用するばかりでなく、他の生物に対しても嫌気的に作用するように思われる。一方有機物分解の結果、直接植物の栄養源となりうる無機態の窒素や燐が、多く供給されるということも考えられる。そこでこのように奥行の大きい港に於ける、汚染水の分散状態と、それが生物にどんな影響を及ぼしているかを知る目的で、高潮や津波とか、イワシ・サンマ等の大漁による加工場の特に活況を呈する時期等の、一時的に大きな変化を生ずる時は別として、先づ平常時の港内水の状況を、数回にわたつて調査を行つた。以下にその結果の大略を報告するが、本調査では細菌学的調査は行つていない。

調査時期及び調査方法

第1回　1953年8月25日（干潮時）、9月8日（満潮時）.....水質・プランクトン（干潮時のみ）の調査（縦断面）

第2回　1954年3月9日（干潮時・満潮時）.....水質調査（縦断面）

第3回　1954年9月16日.....底質・底棲動物の調査（全般）

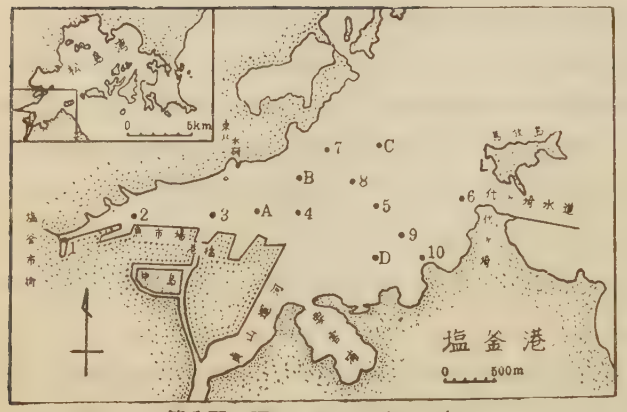
第4回　1955年3月8日 .....底棲動物の調査（主として港奥部）

第5回　1955年6月6日　（干潮時・満潮時）.....プランクトン調査（港中央から港奥部）

第6回　1955年9月16日（干潮時・満潮時）.....プランクトン・底棲動物の調査（港奥部）

第7回　1956年2月13日（干潮時・満潮時）.....水質・プランクトン調査（縦断面・横断面）

それぞれ調査時期と調査項目の大要は以上の通りである。水質については、第1回・第2回の調査は、夏季と冬季の例について検討したもので、港内の航路に従つて港奥から港口まで第1図の如く、6地点を選定して縦走した。また第7回目の1956年2月13日には、港中央部のノリやカキの養殖場となつている水域の調査を目的として、港奥はSt.2以奥は省略し、St.5を中心として左右に地点を選定し、縦断面と共に横断面の観測を行つた。



第1図　調　査　地　点

プランクトンについては、水質調査と平行して行う筈であつたが、都合により第1回目には干潮時だけで、また第2回目も欠測したため、別に上記の如く1955年6月と9月（第5・6回）に観測を行つた1956年2月には水質調査と平行して行つた。

水質・プランクトンの調査に当つては、何れの調査時に於ても、大潮時の最干潮時及び最満潮時に採水をおこなつた。第1回の1953年8月25日には最満潮時の調査途中、採水器が破損したため調査の遂行が不能となり、採水器の修理をまつて次の潮の9月8日に満潮時の追調査をおこなつた。その他の時期の調査では、それぞれその日のうちに、満潮時・干潮時の2回の調査をおこなつた。採水は北原式B型採水器を使用して、多くの場合、表・中層及び底層の3層毎におこない、極く浅い水域では表層・底層の2層から採つた。pH・溫度・透明度の測定及び溶在酸素の固定は現場で行い、Cl量，O_2量，$KMnO_4$消費量の定量は実験室で、海洋観測法に準拠しておこなつた。プランクトンは元田式 Plankton Lantern（国産篩絹 N.P.58 を使用、濾過水量約 20L）を一般に用い、第6回目の1955年9月16日の調査にのみ北原式定量網（国産篩絹 N.P.58 を使用）使用した。採集は第1回（1953年8月25日）と第5回（1955年6月6日）には2m層から、第6回（1955年9月16日）は2m層から表面まで、第7回目（1956年2月13日には1, 3, 5, 7m層についておこなつた。

底質並に底棲動物は、水質の条件によつて可なり、その性狀を制約される。したがつて底質並に底棲動物の分布狀態によつて、逆にその時期までの海水の性狀についても、ものによつては或る程度間接的に推定することもできると考える。こうした見地から底土又び底棲動物の採集を行つた。底土は 1954 年9月1回だけの調査であるが、第1図に示した地点1～6及び A～D について行つた。之等の地点のうち、St. B～D は 10 月下旬以降海苔の養殖地となるところで、St. C は谷田・奥田 (1956) が松島湾の水底質並に底棲動物の季節的遷移を調査した際の St. 3 に近接したところである。底棲動物は1954年9月、1955年3月及び 1955年9

第2図　港奥部に於ける底棲動物の採集地点

月の3回調査を行い、1954年9月の調査は底質と同様の地点について行つた。後2回の調査は、第2図に示すように港奥から港中央部にかけて、少し詳細に行つたものである。

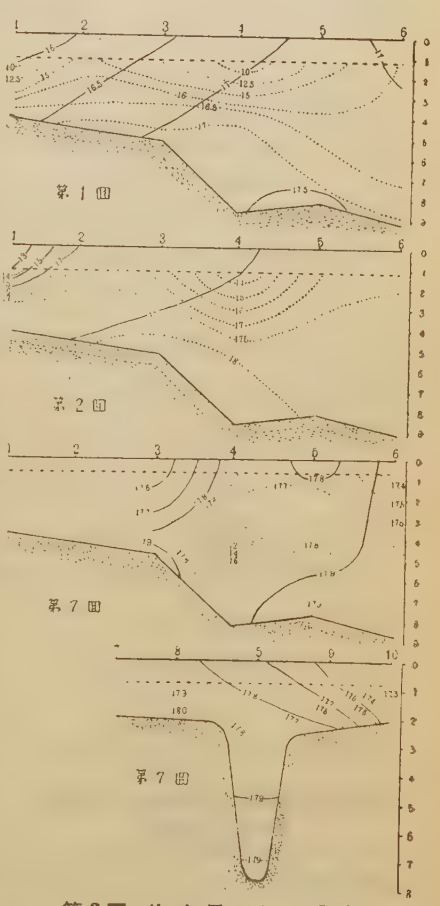
底棲動物の採集はエクマン・バーグ型採泥器により、底土は同採泥器とスコップ型採泥器を用いて採集した。底棲動物は1地点で3回づつ採泥し、それを1mm目の金網つき篩でふるつて、それにとまる生物を採取した。底土は船上で0～2, 2～5, 5～10及び10～20cmに層毎に分けて夫々2個の広口壜にとり、うち1個の広口瓶には硫化物を固定する意味で、20%NaOHを添加し、硫化物の測定に供し、他は灼熱減量の測定に供した。硫化物の測定は富山等(1951)の方法によつた。

調　査　結　果

I. 水質について

(1) 塩　素　量 (第3図)

水質の調査を行つたのは、上記の様に第1回、第2回及び第7回目であるが、第1回目の夏季の塩素量は第2・7回の冬季の場合よりも一般に低い値を示している。これは別報(谷田・奥田1956)での季節変化にもよく現れていたことで、両季の降雨量の差との関係があるらしい。何れの場合も干潮時には、St. 4の運河河口とSt. 1の最奥部の表面が最も低い値を示して、一般に表層の1・2mは港口まで低鹹水が張り出している。一方深層部は表層ほど顕著に低くなつてはいない。満潮時には干潮時に張り出した低鹹水が、港奥或は運河上流に押し込められて、港内の塩素量は表層でもかなり高い値を示している。深層水の塩素量は干潮時に於けるよりも幾らか高い値を示すが、それほど大きな変化は認められず、一般に深層水の干満差による移動は、比較的少いものと考えられる。全体としてみれば、St. 3から港奥部が干潮時・満潮時ともに低鹹水が分布していることが比較的多い様に考えられる。

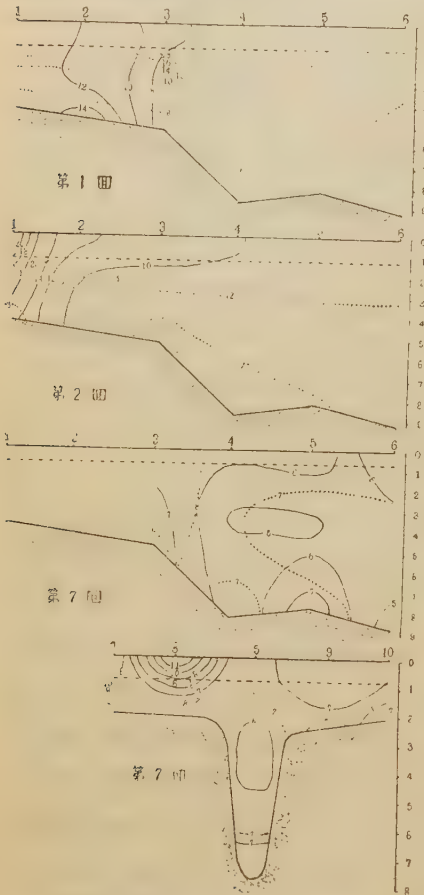


第3図　塩素量(‰)の分布
……干潮時　——満潮時

St. 4に於て、干潮時に第1・2回目のときは、低鹹水が表層部に張り出していたが、第7回目では中層部に異常な低鹹水の分布がみられた。この原因については明かでないが、この附近は調査地点の航路(約幅100m)だけが7・8mの深部となつていて、周辺は2m前後の浅い地域で、しかも運河の河口に当つているため、その時の条件によつては、この様な異常と思われる分布を示すこともあるの

かも知れない。

第7回目の調査での横断面の分布をみると(第1図)、干潮時に運河から流入する淡水の影響を受けて次第に対岸に向けて、塩素量は高くなつている。また満潮時には全体として塩素量は高くなつているが、同様の傾向をもつて分布している。この水域では干潮時に運河から流入した淡水が、次第に港内に分散し、満潮時には逆に押し返えされる。この運河は St. 4 以奥の港奥部が占める面積に比しても、可なり大きい面積を有するため、運河を通じての海水の移動は比較的大きいものと想像される。



第4図　過マンガン酸カリ消費量 (mg/L) の分布
……干潮時　——満潮時

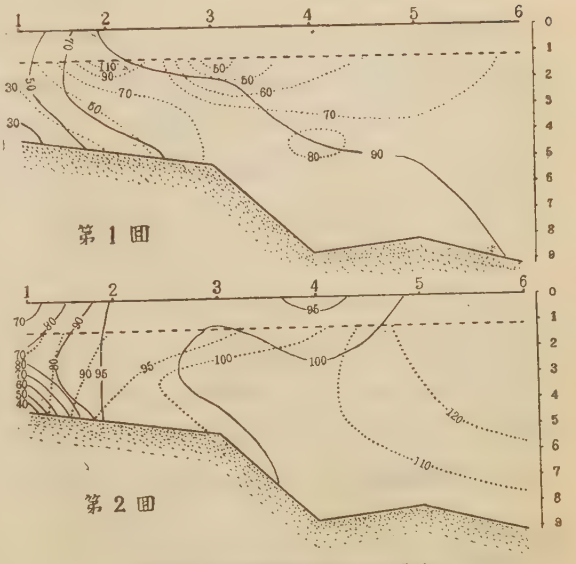
(2) 過マンガン酸カリ消費量 (第4図)

各調査時とも干潮時には、各調査地点の表層部に高い値が分布していて、満潮時には St. 3 以奥の水域を除いて低い値となつている。即ち各調査時とも満潮時には、10mg/L 以上の高い値を示すのは St. 3 以奥で、St. 3 よりも港口寄では大部分 10mg/L 以下の値となつている。また塩素量の分布では、干潮時には St. 4 の運河河口と、最奥の St. 1 の表層に低鹹水の張り出しがみられたのであるが、過マンガン酸カリ消費量については、第1回目には St. 3 の表層部に最も高い値が存在し、第2回目にはむしろ最奥の St. 1 にみられる。そして St. 4 では必ずしも特別高い値を示さなかつた。塩釜に於ける水産加工場の多くは中の島周辺にあり、その廃水は大部分附近の水路から流入するらしい。また奥部には漁船の多くが繋留され、その周辺には造船場・醸造場或は水産加工場もあつて、市街地からの廃水と共に、港内水汚染の主な原因ともなつている。従つて過マンガン酸カリ消費量の分布は、この様な立地条件を反映しているものと考える。こうした過マンガン酸カリ消費量の分布からみると、St. 3 以奥の水域は干潮時・満潮時を通じて可成り汚染された状態にあり、St. 3 より港口寄の水域では、干潮時には表層部に比較的汚染された海水が分布するが、満潮時には干潮時からみると、かなりきれいになるものと云えよう。

横断面についてみると、大体 10mg/L 以下の値を示していて、干潮よりは満潮時には全体としていくらか低い値を示している。しかし St. 8 の表層では、満潮時に他の地点の値に比して異常に高い値を示した。

(3) 酸素飽和度 (第5図)

第1回目の夏季の場合は、塩素量や過マンガン酸カリ消費量の干潮時・満潮時の変化と同様に、顕著な両潮刻の違いが現われている。全体として St. 2 の表層を除いて、飽和度が100% を超えることはなく、特に干潮時には大部分 80% 以下の値を示している。St. 2 の表層が港奥であるにもかゝわらず、119% の高い値を示したのは、後述する様にこの地点の *Skeletonema* が極めて多かつたことゝ関連があると考える。また St. 3 の表層は過マンガン酸カリ消費量が極めて高い値を示したが、酸素飽和度も 37% という低い値を示している。St. 1 の最奥部では干潮には、表面でも 37%、底層では14% の低い値で、これが満潮時でも 40% 以下で、有機物の分解の著しいことによると考える。満潮時には最下層部を除いて、St. 3 より港口寄りの水域では、ほゞ90% 余の値となつているが、過飽和の値は測定されなかつた。

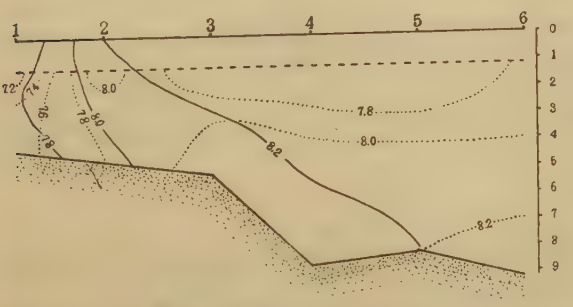


第5図　酸素飽和度(%)の分布
……干潮時　——満潮時

一方第2回・7回目の冬季の場合は、夏季とはかなり異つている。第2回目の調査では St. 4 より以奥では、干潮時・満潮時で大差はみられないが、St. 3 より港口寄りの水域では、満潮時よりも干潮時の方が飽和度は高くなつている。また St. 3 より港口寄りでは、干潮時・満潮時を通じて過飽和か過飽和に近い値を示し、僅かに最奥部の St. 1 で 80% 以下の値を示したに過ぎない。しかし St. 1 の下層部では、水温 5°C 前後の低温期にもかゝわらず、満潮時に 30% という低い値が観測されたことは注目される。第7回目の調査では干潮には 96～108%，満潮には 101～106% で、欠測点があつたため図示しなかつた。

横断面（第7回）は図示しなかつたが、過飽和の状態（107～120%）になつている。

(4) pH（第6図）



第6図　pH の分布
……干潮時　——満潮時

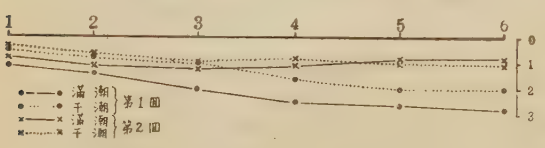
pH 値は酸素と同様に、単に淡水の流入状況や有機物の分解条件のみならず、植物性プランクトンの繁殖の条件によつても左右されるので、その分布については簡単に汚染水の分布状況と結びつけることはできないが、一応検討してみた。

酸素飽和度と同様に、夏季と冬季で著しい違いを示し、夏季には一般に低い。夏季

の pH の低いことは、塩素量から知られる様に、淡水の流入の多いこと及び酸素飽和度から知られる様に、有機物の分解がこの時期に盛んであることによると考えられる。夏季の干潮時には、St. 3 から St. 6 までは中層以下の pH は 8.0 以上であるが、それらの表層及び奥部では 7.8 以下の値を示していて、最奥部の St. 1 では 7.5 以下となつている。酸素飽和度が 119% という他地点よりも異常に高い値を示した St. 2 の表層では、pH もまた同様に 8.1 と周辺よりも高い値を示している。それが満潮時には St. 1•2 の奥部を除いて、表層・底層とも 8.2 以上となつている。

第2•7 回目の冬季の場合には、夏季に比し変化も少いので特に図示しなかつたが、全地点とも 8.0 以上の値を示し、満潮時には幾らか干潮時よりも pH が高くなる傾向はみられるが、第1回の夏季の場合に較べると、干潮時と満潮時との差は極めて小さい。即ち第2回目では 8.0～8.5、第7回目では 8.2～8.4 の範囲で変化したに過ぎない。

第7回目の横断面でも、縦断面同様に干・満による変化は小さかつた。



第7図　透明度の分布
……干潮時　——満潮時

(5) 透　明　度（第7図）

透明度は他の成分の分布傾向と同様に、港口で大きく港奥ほど小さくなつている。第1回目には淡水の流入が大きいにもかゝわらず、第2回目の冬季よりも透明度は大きい。これは過マンガン酸カリ消費量は、一般に第1回目よりも第2回目の方が、高い値を示していることからも理解される様に、後者の方が懸濁物質が多かつたといえる。しかし何れの場合も当然のことながら、一・二の例を除いて、満潮時には干潮時よりも透明度が大きくなつている。

II. 底質について（第1表）

(1) 灼　熱　減　量

港口の St. 6 が他に比して最も低く、St. 5 から St. 3 までは大差なく、St. 2 は港奥に位しているが、St. 3 等よりも低く、St. 1 は最も高い値を示している。また航路外の3地点は殆ど同様の値で、航路よりも一段と低い値を示している。航路外の地域は、航路が 7•8m ほどの水深を有するに対して、2•3m 程度の浅い水域であり、両地域に於ける有機物の分解の違いが、灼熱減量にも現われているものと考える。

層毎にみると、著しい差はないが、表層部 (0～2cm) の方がより深層部の値よりも大きい場合の方が多い様である。また St. 6 が 9.5% で最小の値を示したのは、底質が砂泥質であつたことにもよると考える。St. 6 を除けば、12.1～15.8% の範囲にあつて、あまり大きな差はみられない様である。

(2) 硫　化　物

灼熱減量に比すれば、硫化物は 0.38～6.2‰ で著しい大きな差が各地点間にみられる。航路では St. 6 から St. 1 まで漸次含量が高くなり、貞山運河河口の St. 4 附近から港奥部では 1‰ 以上の値となつていて、St. 2 では約 4‰, さらに St. 1 では 6‰ と急激に高くなつている。また航

路外の地点では、St. 6•5 と同じ程度の含量で、航路を中心として北側では、南側の地点よりも少しく高くなつているが、大きな差はない。

(3) I/S

底土中の硫化物含量は、或る程度その場所の嫌気的な分解の状況を、指標するものと考えてよいであろう。しかしそこに沈降する有機物量が違つておれば、たゞ硫化物含量の比較だけでは必ずしも明かでないので、有機物量と硫化物量の比をとつてみれば、これらの点は判り易くなるものと考え、I/S 値を求めてみた。こゝに I は灼熱減量 (Ignition Loss) で S は全硫化物 (Total Sulphide) である。

第1表の様に、航路外の3地点及び航路中St. 5•6の港口に近い地域では200余、特に航路の北側では約300の値を示している。St. 4 より以奥では 100 以下で、St. 2 では 35, St. 1 では 25 と小さい値を示している。こゝでは灼熱減量に大差がないので、I/S はほゞ硫化物含量の変化と類似しているが、St. 5•6 の様に硫化物含量では大差があつても、有機物含量をも考慮に入れると、I/S 値(240と210) は大差がない。従つてこの両地域の底層では還元状態にそれ程大きな違いがないと考えてよいのではないかと思われる。

III. プランクトンについて

プランクトンはフオルマリンで固定した後、大きさに従つて全数、20分の1又は 200 分1のを計数した、*Skeletonema* 等群体をなすものは群体数を数えた。これらは凡て1L当りに換算して表現した。

第1表 底質の調査結果

St. No.	泥深 cm	灼熱減量(I) 各層(%)	灼熱減量(I) 平均*(%)	硫化物 (S) 各層(%)	硫化物 (S) 平均*(%)	I/S 各層	I/S 平均*
1	0～2	9.9		0.046		2,200	
	2～5	9.8	9.5	0.49	0.39	200	240
	5～10	9.1		0.47		190	
2	0～2	14.9		0.46		320	
	2～5	14.4	14.7	0.63	0.69	230	210
	5～10	14.8		0.82		180	
3	0～2	14.0		0.48		290	
	2～5	14.0	14.9	1.2	1.3	120	110
	5～10	15.7		1.7		92	
4	0～2	15.8		1.6		99	
	2～5	15.4	14.8	1.8	1.6	86	93
	5～10	14.0		1.5		93	
	10～20	14.5		—		—	
5	0～2	14.0		3.3		42	
	2～5	14.0	13.5	2.7	3.9	52	35
	5～10	13.0		4.8		27	
	10～20	14.7		—		—	
6	0～2	16.5		5.6		29	
	2～5	15.2	15.8	6.9	6.2	22	25
	5～10	15.9		6.0		27	
	10～20	15.5		—		—	
A	0～2	14.0		0.29		480	
	2～5	12.3	12.1	0.54	0.38	230	320
	5～10	11.2		0.31		360	
B	0～2	13.9		0.83		170	
	2～5	13.1	12.8	0.88	0.59	150	220
	5～10	12.1		0.32		380	
	10～20	13.4		—		—	
C	0～2	13.2		0.70		190	
	2～5	13.0	12.1	0.60	0.42	220	290
	5～10	11.2		0.19		590	
	10～20	11.3		—		—	
D	0～2	14.5		1.4		100	
	2～5	15.4	14.8	1.3	1.7	120	87
	5～10	14.6		2.0		73	
	10～20	15.4		—		—	

* .....0～10 cm の平均値

(1) 1953年8月25日の調査結果（第2表）

第2表　浮遊生物調査結果 (1, 5, 6回) *

採集年月日	浮遊生物＼地点番号・潮時	1 干	1 満	2 干	2 満	3 干	3 満	4 干	4 満	5 干	5 満	6 干	6 満
1953年	*Diatom* *Skeletonema*	9,900		38,500		24,000		20,500		7,700		3,800	
8月	*Diatom* Others	2		13		11		11		13		9	
25日	*Mastigophora*	—		—		1		1		1		1	
	Ciliata	164		135		112		93		52		38	
**	*Copepoda*	168		70		99		78		42		70	
	Other animals	12		12		17		19		10		16	
1955年	*Diatom* *Chaetoceros*	200,000	232,600	766,500	560,000	694,000	9,760	270,000	32,500				
6月	*Diatom* *Nitzschia*	100	2,270	2,635	2,930	3,270	3,255	5,880	975				
6日	*Diatom* *Rhizosolenia*	650	1,300	1,950	1,625	20	—	1,950	—				
	Diatom Others	15	40	50	25	560	—	650	—				
**	*Mastigophora*	10	6	95	48	110	—	370	170				
	Ciliata	55	24	182	30	90	46	135	25				
	Rotifera	1	—	1	3	85	—	5	—				
	Copepoda	48	27	52	40	82	1	119	46				
	Other animals	26	22	193	67	172	—	171	88				
1955年	*Diatom* *Chaetoceros*	—	—	17		—		—					
9月	*Diatom* Others	—	17	17		—		—					
16日	*Mastigophora*	50	—	—		—		—					
	Ciliata	37	258	32		—		7					
***	*Copepoda*	65	—	83		130		93					
	Other animals	7	10	—		—		—					

* 群体をなすものは群体数他は個体数又は細胞数を 1L 当りに換算して示す。
** 採集水深 2m
*** 採集は 0～2m 垂直採集

一般に *Skeletonema* が多く、その分布中心は St. 2 で、港口に向つて漸減し、港奥の St. 1 ではまた激減する。*Copepoda* は St. 3 が若干多く、最大は港奥の St. 1 である。また *Ciliata* の *Tintinopsis* は港奥に近づくに従つて多い。この調査の満潮時は欠測である。

(2) 1955年6月6日の調査結果（第2表）

最も多い *Chaetoceros* の主体は、*Ch. didymus* であるが、之等 *Chaetoceros* は細胞数にすると、St. 2 では 1L 当り 200 万個体に及ぶ。これは各地沿岸の出現量に比して実に多い。殆ど赤潮と云いうる程の量であつて、このような状態は屢々起つているのかも知れない。その分布中心は第1回の *Skeletonema* と同じく St. 2 にあり、満潮時には干潮時より少い。また満潮には St. 3 は非常に少なくなり、港奥 St. 1 は却つて増加している。

Diatom 以外のものについても大凡同様の傾向がある。また *Diatom* の分布において特別な変化を示した St. 3 には、*Rotifera* の *Brachionus* がみられ、St. 1 には *Eudorina, Limnocalanus? Cyclops?* 等の淡水性種が干潮時に出現するが、之等は満潮時には殆んど出現しないか、または出現しても痕跡的少数であつた。

(3) 1955年9月16日の調査結果（第2表）

この調査に於ては *Diatom* ごく少く *Copepoda* が多い。之等は St. 3 及び St. 1 に多く、St. 1 は満潮時に増加する。

(4) 1956年2月13日の調査結果（第3表）

最も多いのが *Skeletonema* で、之に次いで *Chaetoceros, Thalassiosira* が多い。*Chaetoceros* は種類多く *Ch. laciniosus, Ch. debilis, Ch. subsecundus, Ch. socialis* 及び *Ch. affinis* 等であつた。

Thalassiosira は *Th. nordenskiöldii* 及び *Th. rotula* であつたが、この他に附着底棲 *Diatom* である *Melosira, Nitzschia, Licmophora, Pleurosigma, Coscinodiscus, Biddulphia, Arachnoidiscus* が混在し、少数ではあるが *Ditylum, Stephanopyxis, Rhizosolenia, Thalassiothirix, Eucampia, Tropidoneis, Asterionella* 等が出現した。*Copepoda* は前の3回と同様な *Oithona nana, O. similis, Paracalanus parvus* の大小2型、*Acartia* 等が主なものであるが、この他に *Corycaeus* も少数出現した。1955年6月の調査に出現した *Brachionus* も少数乍ら見受けられた。

多数出現したものについてその分布を示すと第8～10図の如くなる。*Skeletonema* は満・干潮共、St. 4 に多く特に干潮の中層には非常に濃密に出現するが、このとき同地点では非常に低鹹水が存在したことが塩素量の分布に示されている。St. 3 は St. 4 に比し幾分少い。このことは第1回と略同じ傾向の様に見受けられる。全体として干満潮の差は少いが、満潮の方が幾分多くなつているようにも思われる。

Chaetoceros でもこの傾向は同様であるし、又両種共分布中心の満潮時と干潮時の変化は大きくない。*Copepoda* は分布中心が変化する如くみえるが、少数のためはつきりしない。

横断面における分布は第8～10図に示される如く、*Skeletonema, Chaetoceros* は満潮時が干潮時よりも著しく多く、しかも分布中心の変化も甚しい。また *Copepoda* の分布中心の変化も大きい様に見うけられる。

全体としてみると、St. 6 及び St. 5 は湾外性が除々に強くなり、*Diatom* 等も漸減する。St. 4

第3表　第7回(1956年2月13日)浮游生物調査結果*

水深	浮游生物＼地点番号＼潮時		3		4		5		6		7		8		9		10	
			干	満	干	満	干	満	干	満	干	満	干	満	干	満	干	満
1m	*Diatom*	*Skeletonema*	4,180	3,550	3,920	4,850	1,520	2,960	2,590	3,400	160	3,150	1,640	3,310	430	3,020	2,480	3,870
		Chaetoceros	710	1,160	1,110	2,560	750	1,390	550	1,770	240	1,070	1,090	2,060	90	1,330	820	1,170
		Thalassiosira	426	320	612	346	112	210	370	285	30	124	157	175	10	94	250	163
		Others	18	9	90	62	32	104	29	224	47	25	32	91	4	12	68	51
	Mastgophora		—	—	—	3	—	—	11	—	—	—	—	—	—	1	1	—
	Ciliata		4	3	26	70	21	80	8	70	2	50	2	60	10	15	11	18
	Rotifera		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Copepoda		3	3	—	4	4	5	4	6	1	1	3	4	—	3	2	5
	Other animals		—	1	—	1	—	2	—	1	—	—	—	—	—	1	1	2
3m	*Diatom*	*Skeletonema*	3,030	4,320	4,500	4,950	2,850	4,350	3,160	3,490	320	3,310	1,580	6,240	260	7,200	2,000	2,260
		Chaetoceros	800	1,590	1,690	2,690	1,190	1,210	820	1,770	20	1,360	570	3,240	30	3,350	620	960
		Thalassiosira	188	170	156	135	134	160	141	200	—	157	83	203	—	84	23	80
		Others	41	51	38	95	48	198	144	207	105	18	41	131	54	616	295	111
	Mastigophora		1	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	4	—
**	*Ciliata*		6	2	19	30	47	50	49	40	2	19	1	15	5	40	4	30
	Rotifera		1	—	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Copepoda		13	8	9	11	3	11	7	2	—	6	10	4	—	10	20	3
	Other animals		—	6	1	7	1	3	5	4	—	—	2	—	1	1	1	2
5m	*Daitom*	*Skeletonema*	3,620	1,900	8,100	4,210	2,770	5,000	4,560	5,550								
		Chaetoceros	1,220	1,240	2,590	3,140	1,050	2,710	930	2,670								
		Thalassiosira	134	112	156	148	130	146	150	160								
		Others	20	89	41	198	53	210	490	367								
	Mestigophora		1	1	—	—	—	—	—	—								
	Ciliata		1	3	36	16	33	90	35	50								
	Rotifera		—	—	—	—	1	—	—	—								
	Copepoda		11	12	6	12	5	9	3	9								
	Other animals		4	—	—	2	2	1	3	2								

| | | |

第4表 塩釜港中央部より港奥に至る底棲動物 (1955, Ⅲ・Ⅸ. 600cm² に対する密度)

地点番号	00		01		02		03		04		05		06		07		08		09		10		計		編組比率 (%)	
水深 (m)	4.0		2.2		2.2		1.0		2.0		4.2		4.5		4.8		9.0		4.8		8.0					
採取月 / 種類	Ⅲ	Ⅸ	Ⅲ	Ⅸ	Ⅲ	Ⅸ	Ⅲ	Ⅸ	Ⅲ	Ⅸ	Ⅲ	Ⅸ	Ⅲ	Ⅸ	Ⅲ	Ⅸ	Ⅲ	Ⅸ	Ⅲ	Ⅸ	Ⅲ	Ⅸ	Ⅲ	Ⅸ	Ⅲ	Ⅸ
ゴカイ	13	1	373	7	124	12	600	75	294		45	4	47	24	88	11	22	10	148	46	50	24	1,804	214	79.4	74.5
ウミイサゴムシ	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—
ホトトギス	—	—	—	—	—	—	52	1	79		—	—	3	1	1	—	—	—	1	—	—	—	136	2	6.0	—
ヒメシラトリ	—	—	3	2	20	7	25	11	16		—	—	13	4	7	2	—	1	—	4	2	1	86	32	3.8	11.1
シズクガイ	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	13	—	6	1	5	—	—	—	11	—	35	1	1.5	—
オオノガイ	—	—	—	—	—	—	2	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
アサリ	—	—	—	—	1	—	7	—	2		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—
アラムシロ	—	—	—	—	—	—	15	8	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	8	0.7	3.1
マルテンマツムシ	—	—	—	—	—	—	—	—	2		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
カワグチツボ	—	—	2	—	—	—	—	1	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—
マツシマコメツブ	—	—	—	—	—	—	—	—	1		—	—	—	—	7	—	—	—	—	—	1	—	9	—	—	—
ミヅゴマツボ	—	—	28	—	—	—	1	11	—		21	—	—	4	—	—	—	—	—	7	—	—	50	22	2.2	7.7
キセワタ	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
ブドウガイ	—	—	—	—	6	—	1	—	2		—	—	2	—	10	—	—	—	—	—	—	—	21	—	0.9	—
Chrysallida	—	—	—	—	—	—	8	—	13		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	—	0.9	—
ウミセミ	—	—	—	—	—	—	—	1	6		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	1	—	—
ウミグモ	—	—	—	—	—	—	—	—	-		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—
端脚類	—	—	2	—	3	—	32	3	25		—	—	—	—	2	—	2	—	—	—	—	—	66	3	2.9	1.0
其他	—	—	—	—	—	—	—	1	2		—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	3	2	—	—
密度	13	1	408	9	154	19	743	112	442		66	4	80	33	121	14	30	11	149	57	65	27	2,271	287		
種類数	1	1	5	2	5	2	10	9	11		2	1	6	4	7	3	4	2	2	3	5	4	18	11		

の貞山運河河口及び中の島からの放水路にあたる St. 3 は、干潮時には淡水性種が出現することがあり、また *Diatom* の分布も複雑に変化する。St. 2 は *Diatom* の増殖水域で、栄養豊富な港内水の存在を示している。また港奥の St. 1 は干潮時に淡水性種が出現し、*Diatom* の激減と共にこの地点の干潮時における淡水の流入を示すものと思われる。

IV. 底棲動物について

(1) 1954年9月16日の調査結果（第4表）

航路に沿つた7地点 (St. 1～6, St. A) と航路の北側の2地点(St. B•C)及び南側の1地点(St. D)の計10地点で採取した。この範囲で出現する底棲動物の種類は20種にも達するが、出現個体数ではゴカイ類が大部分を占め、これについでホトトギス・ヒメシラトリ・シヅクガイが見られる。他の二枚貝・巻貝その他の動物は数的には極めて少い。出現種類数及び密度からみれば、第4表に示されたように、港口部 (St. 5•6) と、海苔養殖場に使用されている浅い地点 (St. B～D) は共に大きいが、浚渫されている航路筋では、港奥に進むにつれて、種類数も密度も減少し、港の最奥部附近(St. 1•2)となると、全く底棲動物はみられなく、且つ死殻も極めて少くなつている。これは塩釜港のように奥深い港では、底質・底層水の硫化物や有機物含量などと関連して、港奥は汚染度が高く、無生物地帯ができること、そしてその汚染は港奥から港口部へかけて、次第に稀くなつてゆくことを物語つているのであろう。

なお St. C の結果と、谷田・奥田の行つた1953年及び'54年の同期の結果とを比較してみると、種類・密度共に大差は認められない。

(2) 1955年3月8日及び1955年9月16日の調査結果（第5表）

無生物地帯の範囲や底質汚染の状況などを知る一つの目安を得る意図のもとに、第2図に示すように港奥から港中央部にかけて、少し詳細に行つたものである。

結果は第5表に示したように、出現する種類には余り大きな変化はみられず、又その組成にも大差は認められない。大部分を占めるものはゴカイ類で、ホトトギス・ヒメシラトリがこれについでいる。全体としては前回の調査時と同様に、港奥から外に向つて、種類・個体数共に増加していること、北側にあたる浅い地点が南側の地点よりも出現数の多いことが目立つている。

3月の調査時よりも9月の方は可成り個体数が少くなつているが、これは既に谷田•奥田(1956)が述べたように、群集の主体をなすゴカイの増減によるものであるが、一般に冬季は個体数が多く春から秋にかけて少くなつているという事実のあらわれと考えることが出来る。

St. 00 は前回調査 (1954年9月) の St. 2 に相当し、前回調査の際は生物は得られなかつたところであるが、今回の調査では、ゴカイが極く僅かにみられている。之等のことから綜合すると、これより奥は恐らく常に無生物地帯となつていて、この地点附近が限界となつているのではないかと想像される。

航路の北側に位する St. 01～04 は、他の地点に比べて密度が大きく、種類も多くなつている。港奥部の南側の地点は魚市場や船着場に近いために、種々の排水・汚物が多く出されるという

第5表　塩釜港奥より港口に至る底棲動物
(1954, IX. 600cm² に対する密度)

地点 / 水深(m) / 種類	1 3.0	2 4.0	3 4.8	4 7.0	5 7.2	6 8.0	A 9.0	B 1.5	C 1.5	D 1.7	計	編組比率(%)
ゴカイ	—	—	27	58	84	104	17	164	232	62	748	83.5
ウミイサゴムシ	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	2	—
ホトトギス	—	—	3	—	5	—	—	1	16	24	49	5.5
ヒメシラトリ	—	—	4	—	1	—	—	7	4	4	20	2.2
シズクガイ	—	—	—	10	2	2	3	—	—	1	18	2.0
ウラカガミ	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	2	—
フスマガイ	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—
エゾマテ	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—
オオノガイ	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—
アラムシロ	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	5	0.5
マルテンマツムシ	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	2	—
カワグチツボ	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—
マツシマコメツブ	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—
端脚類	—	—	—	—	1	2	—	3	4	—	10	1.1
ウミセミ	—	—	—	—	—	—	—	—	12	6	18	2.0
ウミグモ	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—
クモヒトデ	—	—	—	—	—	2	—	—	1	2	5	0.5
其他	—	—	—	—	4	—	—	4	3	—	11	—
密度	0	0	34	69	99	115	21	181	278	99	896	
種類数	0	0	3	3	9	8	3	6	9	6	20	

以外に、航路に当つているので水深は北側に比すれば深い。従つて北側は南側に較べて底層水の流動が大きく、いろいろな汚物・有機物などは、水の動きによつて次第に南側の深い航路筋に運ばれてゆく。そのために北側の底土での有機物の嫌気的分解は、南側の深い地点に比すれば著しく緩慢で、底質の汚染も少くなつているということが両地域での底棲動物の分布の違いの一つの大きな原因のように考えられる。

摘　　要

こゝに得られた結果は、平常時に於ける状態として取扱うことは妥当でないかもしれないが、これらの調査時期の前後に於て港内で養殖されている生物等に特別の異常があつたことは聞いていない。従つて何か不慮の事態が生じた場合、その原因について考えるにあたつて、いろいろ参考資料として役立つものと考えられる。上述の結果を要約すると以下の様になる。

I.　水質について

(1) 夏季の塩素量は冬季よりも一般に著しく低い。干潮時には St. 4 の運河河口や、最奥部 St. 1 の表層を中心として低鹹水が張り出すが、満潮時にはその低鹹水は押し込められ、表層でも可成り塩素量は高い値を示す。

(2) 過マンガン酸カリ消費量は一般的にいつて、干潮時には表層部に高い分布がみられ、満潮時には、10mg/L 以上の高い値を示すのは、St. 3 以奥の水域であつた。

(3) 酸素飽和度は潮刻により、また夏季と冬季で著しく異なり、夏季は大部分の地域が未飽

和状態であつたが、冬季には過飽和か、飽和に近い状態であつた。冬季でも最奥の St. 1 の下層では 40% 以下の値を示すことがあつた。

(4) pH は酸素飽和度と同様、夏と冬で大差があり、夏には一般に低かつた。

(5) 透明度は港奥から港口に進むに従つて高くなり、満潮時には干潮時よりも一般に高い。

II. 底質について

(1) 灼熱減量・硫化物含量共に、港口部から港奥にかけて漸増し、特に St. 3 附近から奥部では著しい高い値を示した。

(2) 航路外側の浅い地域では、一般に航路よりも灼熱減量・硫化物含量はともに低かつた。

III. プランクトンについて

(1) 運河河口の St. 4, 中の島からの放水路にあたる St. 3 及び最奥の St. 1 では、干潮時に淡水性種が出現することが多い。

(2) St. 2 は *Diatom* の増殖水域で、赤潮と思える程の数量を示した。

(3) St. 5•6 の港口寄は湾外性が強くなり、*Diatom* 等も漸減している。

IV. 底棲動物について

(1) 底棲動物ではゴカイ類が大部分を占め、これについでホトトギス・ヒメシラトリ・シヅクガイがみられた。その他の種類は僅少であつた。

(2) 港口部の St. 5•6 及び航路外側の浅い地域では、種類数、密度も大きく、港奥に向つて漸減している。

(3) 港奥の St. 1•2 は全く底棲動物はみられず、死殻も極めて少くなつている。

以上水質・底質の性状及びプランクトン・底棲動物の分布から考え、平常時（厳密な意味ではなく）に於ては、港奥水及び貞山運河からのかなり汚染性の淡水は、干潮時には港口部まで張り出すが、満潮時には港奥或は運河上流に押し込められる。そして常時著しい汚染状態にあると考えられるのは、St. 3 附近から港奥部であるといえる。

参　考　文　献

谷田専治・奥田泰造 (1956)　松島湾の水産資源に関する基礎研究　第4報　水質・底質並に底棲動物の季節遷移　東北水研報告　(6), 106～134.

富山哲夫・神崎嘉瑞夫 (1951)　底土に含まれる硫化物の少量定量法　日水学誌　17, 115～121.

塩釜港内水に及ぼす廃水・陸水の影響※
第2報 大雨後における港内水の性状

佐藤重勝・奥田泰造・谷田專治

INFLUENCES OF SEWAGES AND FRESH-WATERS ON THE WATER OF THE SHIOGAMA HARBOUR.
II. WATER PROPERTIES AFTER HEAVY RAINFALL.

By

Shigekatsu SATO, Taizo OKUDA and Senji TANITA

The previous paper of this series was concerned with the general properties of sea-water, plankton, and benthos of the Shiogama Harbour under the general conditions of scanty rain. No distinguishable damages were recognized with regard to the aquicultural creatures. However, the natural features of the configuration of the harbour suggests that no small influences according to the amount of rain fall may effect the properties of the sea-water. To study the above-mentioned influences, this work was undertaken on the occasion of the heavy rain fall (above 120 mm) that occurred in the middle part (14th–17th) of July, 1956.

The first survey was prosecuted on the 19th July, and the second one on the 25 th, at the selected 10 and 7 stations respectively, during both maxima of ebb and flow tides. Water sampling (by Kitahara's sampler) and plankton collection (by Motoda's plankton lantern made with N. P. 58 gauze) were carried out at 2～7 water layers according to the depths of the stations. The results are:

In the first survey, the surface layers of every station were covered with low-Cl water at the highest tide. Though the Cl was a little higher in the case of the second survey, the surface water kept lower Cl contents as compared with the bottom water. The above-mentioned surface-low bottom-high Cl distribution might continue chronically during this summer stagnation period. This would influence harm on the aquicultural environments.

In the first survey, the consumption of $KMnO_4$, Oxygen saturation(%), pH, and Transparency differed largely from those of the general conditions. In the second survey, in contrast with Cl, the above-mentioned recovered to a condition nearly equal to those of the general conditions. This would depend upon the sinking of the floa-

※ 東北海区水産研究所業績 第100号

ting organisms. The decomposition of floating organic materials after having sunk to the bottom and, in addition, accompanying changes would have some influences on the aquicultural environments.

The dominating plankton of the first survey was a fresh-water species, *Euglena*, which decreased in number in the case of the second survey and diminished to a trace at the highest tide of the same survey. Its occurrence influenced largely on Oxygen saturation and pH. Another fresh-water species, *Limnocalanus* ?, and sub-oceanic species, *Microsetella*, *Oncea*, and *Corycaeus* were collected during the first survey, while they were not obtained during the second one. The latter three species, found in the first survey, may probably have corresponded with the past high-Cl sea water.

The amount of *Chaetoceros* and *Thalassiothrix* varied remarkably with tides. As their increases at the highest tide were too great to be considered as due to having multiplied, and as they distributed near the entrance of the harbour, the bulk of them would depend on the advection of the flow tide. According to Marumo and Kawarada 1952, *Chaetoceros Hyalochate* shows the distribution of the anti-Cl type. So far as the obtained results are concerned, they occurred this time as the Cl-tvpe distributions. But, in this report, they are considered as anti-freshwater type distributions, that is to say, the distributions of *Chaetoceros Hyalochate* and *Thalassiothrix* had negative correlations as well with high-Cl water as with fresh-water.

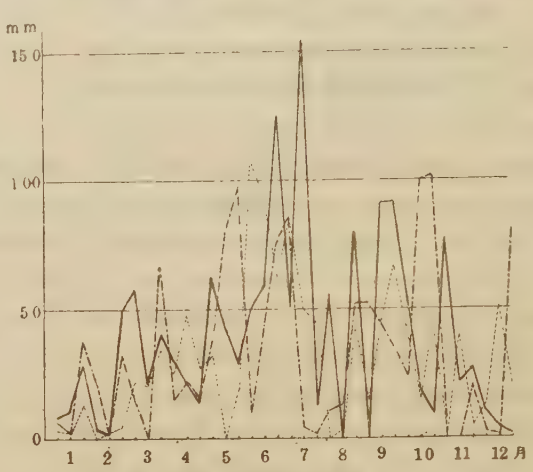
Skeletonema increased also in occurrence at the highest tide, but not be too much considering its production. Though *Chaetoceros*, *Thalassiothrix*, and *Skeletonema* had shown similar distribution under the general conditions as reported previously, *Skeletonema* distributed this time chiefly along the coastal side of the former two species. Probably the little differences of their suitable habitats may result in their distributions which correspond to the gradients of water properties after heavy rainfall.

Diatom, in general, increased remarkably in the second survey. If explosive multiplications follow the abrupt increase, it is evident that the resulting influences can not be disregarded, even though the discoloration of the water may not be noticed owing to the turbid water of the harbour.

緒　　論

塩釜港は松島湾の二次湾で、馬放島を中にはさんで、東側は深く狭い航路を通つて松島湾の湾口部に開き、北側は浅く広い沿岸により松島湾中央部に通じている。このような地形は陸岸からの排水の多寡が港内水の性状及び分散状況に著しい変化を与える事を想像させる。従つて、港内の養殖生物に顕著な影響を与えないような一般的な港内水の性状を調査するに当つても、雨量の多寡が港内水に与える影響を考察することは意義があると考えられる。著者達は既に第1報に於て降水量の少い場合の港内水の性状と分散状況について報告したが、たまたま1956年7月14日

から 17 日の間に降水量 120mm を越す大雨があつたので、その後の港内水の性状について調査を行つたので、その結果の大略を報告する。但し本調査の行われた季節は例年多雨であり（第1図）、従つて港内水も比較的低鹹なことが知られている（谷田・奥田 1956）。従つて本調査の結果が直ちに他の季節における大雨後の性状をも表しているとは考え難いが、一般的な大雨後の性状を考察する際の資料になるとは考えられる。



第1図　塩釜港の旬別降水量
……1954, —•—• 1955, —— 1956

調査地点並に方法

1956 年7月中旬における降水量は第1表の通りで、調査は大雨後の 19 日に第1回目を、それより5日後の 24 日に第2回目を行つた。両日とも満潮時及び干潮時の2回出来る限り短時間に行うように努めた。

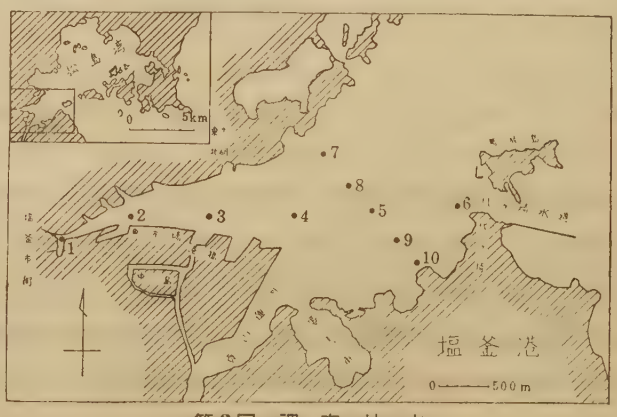
塩釜港は、沖合から代ケ崎水道を通つて港奥迄深い航路があり、代ケ崎水道から岸壁附近迄は 8,9m, 岸壁から魚市場附近迄は 3 m 程度に浚渫されている。港内水の性状変化はこの航路に於て著しいと考えられるので、航路に沿つて6地点（第2図、St. 1～St. 6）を選んだ。又航路は周辺の地点（第2図、St. 7～St. 10）に比して急に深くなつているので、之等の関係を知るため、港口に近く海苔等の養殖水域を含んで航路を横断する地点（第2図、St. 2 及び St. 7～St. 10）を選定した。

第1表　調査当時（1956年7月中旬）の塩釜港の日別降水量

日	降水量	日	降水量
11	0.2	18	
12	0.0	19	20.7
13	0.3	20	7.1
14	42.8	21	0.0
15	9.9	22	6.3
16	50.4	23	0.0
17	23.5	24	0.1

水質調査は、大半の地点では表層から底層まで3乃至7層に分けて、北原式採水器を用いて採水し測定を行つた。現場では水温・透明度を測定し、溶存酸素の固定を行い、Cl 量・溶存酸素量・$KMnO_4$消費量の各項目については、試水は持ち帰つて大略海洋観測法に準じて測定を行つた。

浮游生物の採集は、N.P.58 の国産篩絹製の元田式プランクトン・ランターン（濾水量、約 20L）を用い



第2図　調　査　地　点

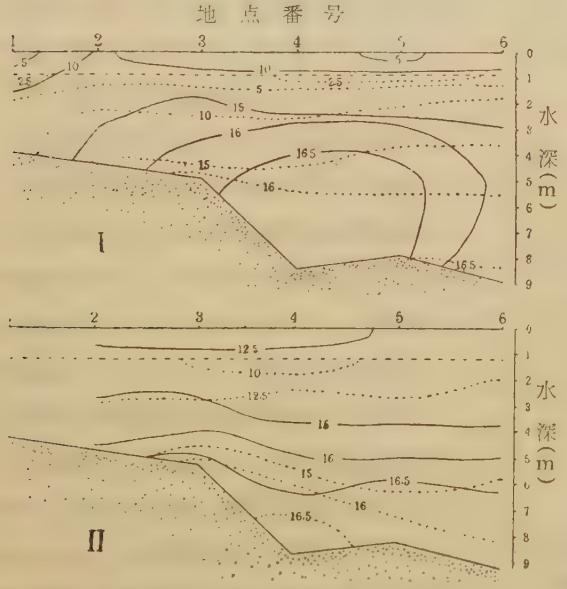
て水深 1m～3m 毎に行い、フオルマリンで固定、検鏡後、20 分の1 及び 200 分の1に稀釈して概数を数えた。なお、*Chaetoceros*, *Thalassiothrix* 等群体をなすものは凡て群体数で数え、他は細胞数又は個体数を数えて、之を L 当りに換算した。

調　査　結　果

I. 水質について

(1) Cl 量

大雨後の分布状態は、第1報で報告した通常時の分布状態とは著しく異つた傾向を示していることが先ず注目される。これまでの調査では、一般に干潮時には運河河口の St. 4 表層部と港奥部に低鹹水が張り出し、これが満潮時には押し込められて姿を消し、表層部でも St. 3 或は St. 2 の比較的港奥部まで高鹹水が勢力を増していた。今回の第1回目の調査に於ては、港口から港奥まで港内全体が、表層から底層に漸次 Cl が高くなる。即ち上低下高の傾向が干潮時・満潮時ともみられ、運河河口や最奥部 (St. 1) の局地的な干潮時に於ける低鹹水の張り出しは見られない。一般的にはこのような上低下高の傾向がみられ、中層より上では満潮時には干潮時の約2倍近く Cl 濃度は増加するが、極く低層部では満潮時と干潮時の変化は小さい。(第3図)

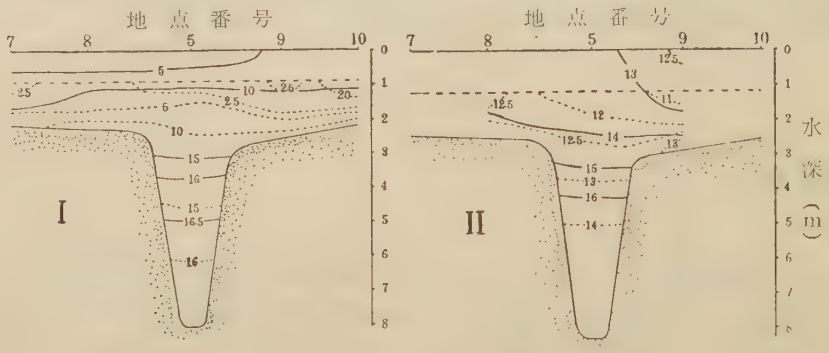


第3図　縦断面における Cl量 (‰) の分布
……干潮時　——満潮時
I　1956 年7月19日 (第1回目)
II 1956 年7月24日 (第2回目)

5 日後の第2回目の調査も第1回目と全く同様な傾向の消長を示し、中層以下の Cl 量は第1回目と殆んど変らないが、中層より上ではかなり Cl 量が高くなつてきている。しかし未だ満潮時に於ても 15‰ 以下の値となつている。これまでの Cl 量の季節的変化をみても、6, 7 月頃は降水量が多いため Cl 量は 15‰ 以下の値を示すことが多いようで、港内への淡水の流入量の大きいことと共に時期的に停滞期にあるために上・下両層水の混合は比較的緩慢であり、上記のような上低下高の Cl 分布の傾向がかなり長く続くものと考えられる。また港口の St. 6 でも第1回目、第2回目を通じて、満潮時でさえ表層部の Cl 量が他の地点と同様低い値を示していることは、淡水がかなり広い範囲にまで表層部に分散しているためと考えられる。(第3図、II)

横断面についても、第1報における普通状態の Cl 量の分布とは異つて、上記の縦断面と同様

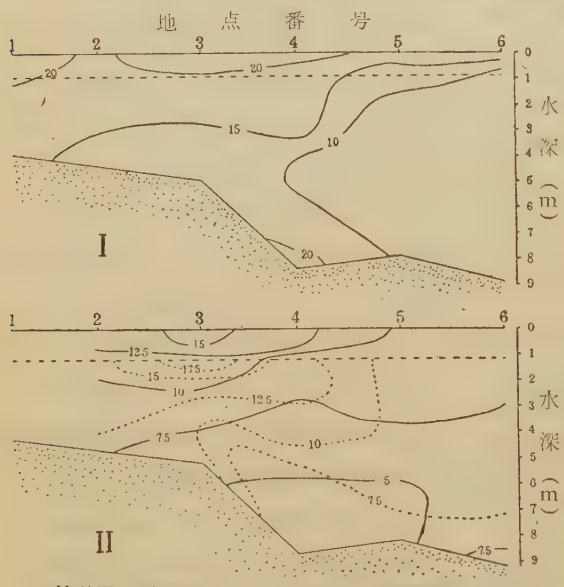
等 Cl 線は水平に走つていて、航路を中心として運河に近い地域 (St. 9 及び St. 10) は当然のことながら Cl 量は低くなる傾向がみられる。(第4図、I 及び II)



第4図　横断面における Cl 量 (‰) の分布
……干潮時　——満潮時
I　1956 年7月19日 (第1回目)
II 1956 年7月24日 (第2回目)

(2)　$KMnO_4$ 消費量

第1回目の調査では事故によつて干潮時に於ける縦断面の測定は欠測したが、St. 1 と St. 2 の大部分を除いて他の地点では 10mg/L 以上の値で、特に St. 3, 4 及び St. 1 の表層では 20mg/L を超える値であり、さらに St. 3 では 31mg/L を示している。St. 3 附近の値の高いのは、南側の港橋から中の島 (第2図参照) 周辺にある水産加工場からの処理水が流入したためと思われる。これは満潮時の値であるので、干潮時には更に高い値を示すものと考えられる。(第5図、I)

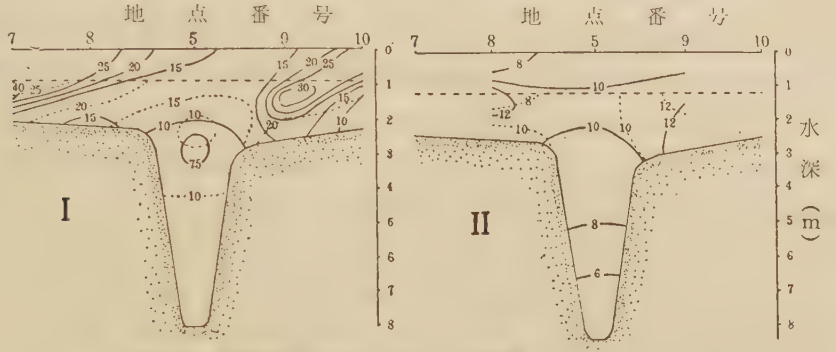


第5図　縦断面における $KMnO_4$ 消費量(mg/L) の分布
…干潮時　——満潮時
I　1956 年7月19日 (第1回目)
II 1956 年7月24日 (第2回目)

第2回目の調査では、第1回目と同様に St. 3 の表層が干潮時・満潮時ともに最も高い値を示しているが、全体として第1回目の値よりも一段と小さくなつている。満潮時には St. 3 を中心として St. 4 から港奥では比較的表層が 10mg/L 以上の値を示し他は 10 mg/L 以下となつている。また干潮時には St. 4 附近と港口部では 10mg/L 以下となつている。(第5図、II)

横断面では、第1回目は航路よりも周辺の表層又は中層は著しく高い値を示し、中には 40mg/

L もの値も測定された。しかし第2回目にはこうした傾向は殆んどみうけられなかつた。(第6図、I 及び II)

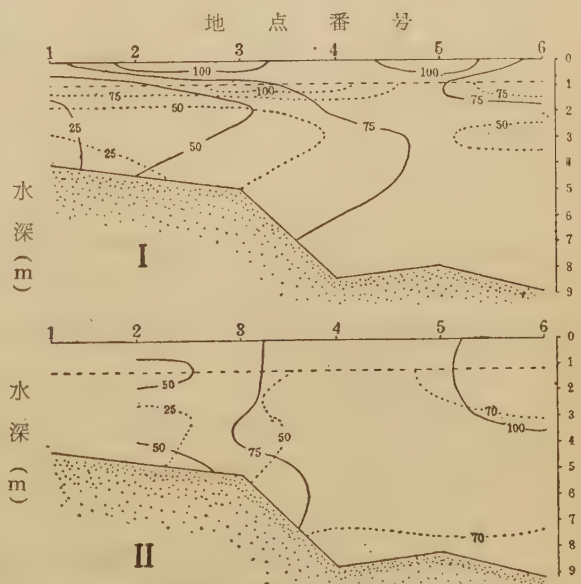


第6図　横断面における $KMnO_4$ 消費量 (mg/L) の分布
……干潮時　——満潮時
I　1956 年7月19日 (第1回目)
II 1956 年7月24日 (第2回目)

以上の如く、第2回目は第1回目と比較すると $KMnO_4$ 消費量は甚しく小さくなつているが、これは後述する透明度からも知られるように、第2回目は第1回目よりも甚しく清澄になつたためと考えられる。また普通状態でのそれと比較するとき、第2回目の調査時の値はそれ程高い値ではないようであるが、第1回目の測定値はかなりかけ離れた高い値であるように思われる。このことは、出水増加に伴い種々の被酸化物も多量に流入していることを示している。

(3) 酸素飽和度

酸素飽和度も、普通状態における分布と比較すると、かなり不規則な分布を示している。第1回目の縦断面では干潮時・満潮時ともに下層になるに従つて酸素飽和度が小さくなる傾向を有し、港奥の中層以下では 50% 以下の値であり、St. 2 及び港奥 St. 1 の下層では 25% 以下の値を示しているが、夏季の停滞期であることを考えれば当然の現象かもしれない。しかし、$KMnO_4$ 消費量の大きい表層部で飽和度が一般に高く、而も St. 4～St. 2 の運河河口地域や港奥部の表層が過飽和になつていることは注目される。(第7図、I)

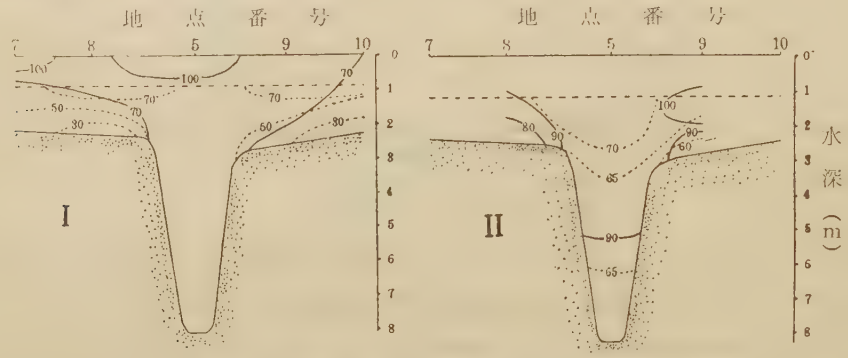


第7図　縦断面における酸素飽和度(%)の分布
……干潮時　——満潮時
I　1956 年7月19日 (第1回目)
II 1956 年7月24日 (第2回目)

第2回目には、下層ほど飽和度が低く

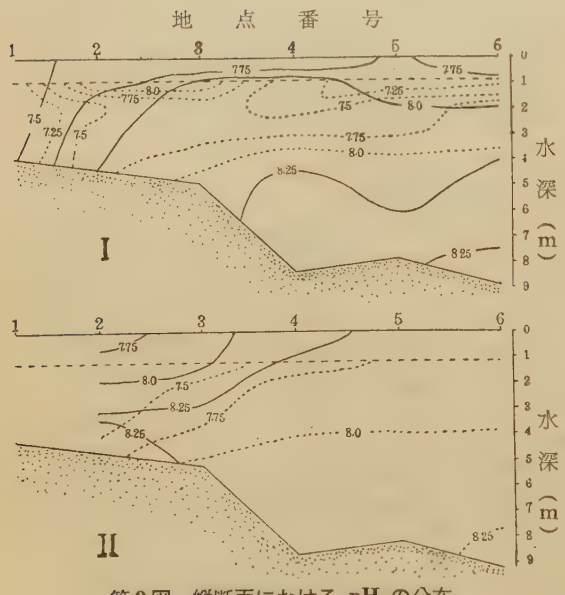
なることは第1回目と同様であり、満潮時に St. 4 以口では第1回目より、飽和度も高くなつているが、St. 4 以奥及び干潮時における全地点では第1回目よりむしろ飽和度は低くなつていて、Cl 量や $KMnO_4$ 消費量の変化過程とは異つた傾向を示している。特に St. 3 附近以奥では、表層から下層まで 50% 以下の値となつて、酸素消費の著しいことを示している。(第7図、II)

横断面では、第2回目の満潮時では殆んど差はみうけられないが、他の場合には航路より周辺の地域の方が飽和度が低いことが多い。特に第1回目の干潮時における St. 7～St. 10 の中・下層の酸素飽和度は著しく低い値となつている。(第8図、I 及び II)



第8図　横断面における酸素飽和度 (%) の分布
……干潮時　——満潮時
I 1956 年7月19日 (第1回目)　II 1956 年7月24日 (第2回目)

(4) pH



第9図　縦断面における pH の分布
…… 干潮時　——満潮時
I 1956 年7月19日 (第1回目)
II 1956 年7月24日 (第2回目)

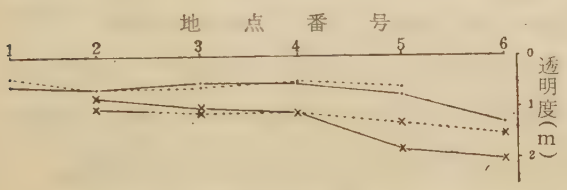
淡水の出水量が大きい時期だけに、pH の変化も著しく、普通状態の調査ではみられなかつた 7.2 以下の低い値が、第1回目の干潮時には港口の St. 6 でも測定された。Cl 量が 2.5‰ 以下の水域の pH は 7.2 以下で、Cl 量 15‰ 以上では pH も 8.0 以上となつている。第1回目干潮時の St. 3 及び St. 2 の表層水は Cl 量は 5‰ 以下であるが、pH は 8.1 及び 8.3 と極めて高い値を示したが、之は後に記すような綠色鞭毛虫 (*Euglena*) に関係あるものと考えられる。満潮時には干潮時に測定されたような異常に低い値は港奥の St. 1 を除いてはみられず、Cl 量 10～15‰ 以下の表層部と St. 2 以奥の地域を除いて 8.0 以上になつている。(第9図、I)

第2回目の調査では、第1回目に比すれば Cl 量や $KMnO_4$ 消費量と同様に、pH の値も一般に普通状態に近くなり、満潮時には St. 3 以奥の表層部を除いては 8.0 以上の値を示している。(第9図、II)

横断面については、第1回目には干潮時・満潮時ともに航路よりも周辺の方が一般に低い値を示しているが、第2回目では殆んど差はみられない。

(5) 透 明 度

第1回目の調査では St. 5～St. 1 では 50～60cm 程度で、地域的にもまた干潮時・満潮時でも大差はみられないが、この程度の透明度はこの港内では低い方であり淡水の流入の多いことを示している。第2回目には、港奥から港口に向つて次第に透明度は高くなつており、略々 1m から 2m で第1回目の2倍余の値となつており第1回目に比すればかなり清澄になつてきていることを示している。(第10図)



第 10 図　縦断面の透明度 (m)
・……・1956 年 7 月 19 日 干潮時
・——・同日満潮時
×…… ×1956 年 7 月 24 日干潮時
×——×同日満潮時

横断面では、第2回目の場合は干潮・満潮ともに地域的な変化はあまりないが、第1回目には干潮と満潮ではかなり傾向が異つている。即ち干潮時に St. 7 から St. 10 にかけて次第に透明度は低くなる傾向があり、一方満潮時には全く逆に St. 7 から St. 10 にかけて高くなる傾向が見られる。これらの地点における透明度の深さと略々同じ深さ迄の Cl 量の分布と透明度とは逆相関の関係にあるように思われる。

II. 浮游生物について

(1) 組成の変化

第1回目の 19 日に出現した主な浮游生物は、橈脚類の *Acartia, Paracalanus, Pseudodiaptomus, Oithona* 及び橈脚類の *Nauplius* 幼生、毛顎類の *Sagitta*, 尾索類の *Oikopleura*, 滴虫類の *Tintinopsis*, 鞭毛虫類の *Ceratium* 及び *Euglena*, 硅藻類の *Chaetoceros, Thalassiothrix* 及び *Skeletonema* であつた。又少数出現したものは、橈脚類の *Microsetella, Oncea, Harpacticus, Corycaeus* 及び *Limnocalanus*?, 滴虫類の *Favella* 及び *Tintinus*, 硅藻類の *Coscinodiscus, Rhobdonema, Melosira* 及び *Arachnoidiscus*; その他腹足類・斧足類・長尾類・多毛類・尾索類の各幼生であつた。

第2回目の 24 日には、第1回目に出現したもののうち *Microsetella, Oncea, Corycaeus, Limnocalanus*?, *Melosira* 及び *Arachnoidiscus* が出現せず、*Podon* と *Evadne* が新たに出現した。

全般的にみると、第1回目の優先種は *Euglena* で第2回目は硅藻類が之に変るが、之等組成の変化は大雨後の水質条件の変化にかなりよく対応していると思われる。

第1回目と第2回目の出現種の差異をみると、*Microsetella*, *Oncea* 及び *Coryaeus* は第1回目の満潮時港口部に出現し、*Limnocalanus*? は第1回目の干潮時港奥 St. 1 に出現するが、ともに第2回目には出現しない第2回目は第1回目に比較すると Cl 量も高くなつているから、淡水性の *Limnocalanus*? が出現しないのは当然であるが、*Microsetella* 等の3種は港口部に出現し内湾種としては海洋性の強いものであるから、之等の存在は水質条件の変化と平行しない。然し本調査のように水質変化が短時間で起るような場合は、ある浮游生物の存在と水質変化が平行せず時間的なずれを生ずる場合も当然考えられることである。従つて上記3種は大雨前の分布の生残部分が第1回目に採集され、第1回目の水質条件での変化が第2回目の採集にあらわれたと考えられる。換言すれば、この種の指標するものは過去の水質であると考えられる。*Melosira* は第1回目満潮時に於て周辺部に、相当数（10～40/L）が極く少数の *Arachnoidiscus* と共に出現した。之等は附着底棲性のものであり、淡水の流動により一時的に水中に出現したものと考えられる。*Poden* と *Evadue* は第2回目の満潮時に St. 2 以外の各地点に極く少数づつ見られたが之等は普通の内湾性葉脚類であつて、一応港内水質の回復を示すものとも考えられる。

(2)　主要種の分布状況

多数出現したものの分布については、その概数を第2表及び第3表に示してある。

第2表　第1回（7月19日）浮游生物調査結果※

水深	浮游生物＼地点番号・潮時	1 干	1 満	2 干	2 満	3 干	3 満	4 干	4 満	5 干	5 満	6 干	6 満	7 干	7 満	8 干	8 満	9 干	9 満	10 干	10 満
0m	硅藻類 *Skeletonema*	—	—	10	40	—	—	10	10	—	10	10	—	—	—	—	—	40	—	—	
	硅藻類 *Chaetoceros*	—	—	—	10	—	—	10	130	—	50	—	—	—	40	—	—	100	—	60	
	硅藻類 *Thalassiothrix*	10	20	10	2	10	20	10	180	30	60	—	90	10	80	—	30	—	80	—	50
	硅藻類 その他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	40	—	30	—	—
	鞭毛虫類 *Euglena*	100	—	12,730	10,870	1,350	240	7,100	—	—	—	—	—	—	390	—	—	—	—	—	—
	鞭毛虫類 *Ceratium*	—	10	10	—	10	—	—	50	—	20	—	—	—	10	—	20	—	30	—	60
	滴虫類	—	—	—	—	10	—	14	30	—	20	1	20	1	20	—	4	—	30	—	—
	橈脚類 成体	9	18	8	21	7	18	6	27	11	41	9	52	2	22	3	22	3	28	3	21
	橈脚類 幼体	7	5	2	8	9	4	3	26	4	32	3	36	5	15	2	8	3	23	4	22
	その他の動物	—	—	—	—	—	1	—	2	—	1	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—
1m	硅藻類 *Skeletonemo*	—	—	10	20	30	—	10	—	—	—	—	10	—	20	—	10	—	—	—	—
	硅藻類 *Chaetoceros*	—	—	30	10	10	10	—	260	—	150	—	80	—	—	—	20	—	100	—	30
	硅藻類 *Thalassiothrix*	10	1	20	30	5	10	—	340	5	320	—	210	—	40	—	20	—	50	10	10
	硅藻類 その他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—	10	2	—	—	—
	鞭毛虫類 *Euglena*	10	—	23,940	15,180	1,890	320	13,880	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—	—
	鞭毛虫類 *Ceratium*	—	—	40	—	—	—	—	40	10	20	—	100	—	20	—	10	—	60	10	2
	滴虫類	—	—	32	20	7	20	4	60	2	30	1	80	—	30	1	30	3	50	—	6
	橈脚類 成体	59	17	47	26	21	57	18	33	17	31	23	155	2	34	1	20	17	57	30	63
	橈脚類 幼体	15	6	22	16	10	18	15	37	2	17	13	78	1	14	1	19	14	36	11	38
	その他の動物	—	2	—	—	—	1	—	2	—	—	—	24	—	2	1	2	—	4	—	1

水深	浮遊生物	地点番号	1	2		3		4		5		6		7		8		9		10
		潮時	干	干	満	干	満	干	満	干	満	干	満	干	満	干	満	干	満	干	満
2m ※※	硅藻類	*Skeletonema*	—	10	—	10	—	20	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Chaetoceros	—	20	—	90	10	10	230	10	230	—	200	—	—	—	—	—	—	—	—
		Thalassiothrix	—	30	80	30	30	80	520	10	220	10	550	—	—	—	—	—	—	—	100
		その他	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鞭毛虫類	*Euglena*	—	3,340	7,140	2460	—	14,750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Cerotium	—	50	—	50	2	—	40	—	30	—	150	—	—	—	—	—	—	—	5
	滴虫類		—	60	20	30	3	2	70	—	30	—	120	—	—	—	—	—	—	—	10
	橈脚類	成体	—	59	56	46	58	23	24	2	30	34	49	—	—	—	—	—	—	—	52
		幼体	—	28	8	11	9	13	24	28	12	7	89	—	—	—	—	—	—	—	8
	その他の動物		—	1	2	—	2	—	—	6	2	1	40	—	—	—	—	—	—	—	—
3m	硅藻類	*Skeletonema*	—	80	—	—	—	—	10	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—
		Chaetoceros	—	50	50	30	10	10	120	20	230	10	410	—	—	—	—	—	—	—	—
		Thalassiothrix	—	—	160	60	10	70	380	10	510	10	640	—	—	—	—	—	—	—	—
		その他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鞭毛虫類	*Euglena*	—	12,050	10,380	80	—	10,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Ceratium	—	10	—	20	—	—	10	10	1	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—
	滴虫類		—	90	1	32	2	4	10	2	4	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—
	橈脚類	成体	—	14	37	62	32	40	27	28	37	42	34	—	—	—	—	—	—	—	—
		幼体	—	6	7	7	4	17	15	11	13	11	30	—	—	—	—	—	—	—	—
	その他の動物		—	—	2	—	1	—	3	—	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—
5m	硅藻類	*Skeletonema*	—	—	—	—	—	—	30	—	10	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—
		Chaetoceros	—	—	—	10	40	40	260	20	520	—	500	—	—	—	—	—	—	—	—
		Thalassiothrix	—	—	120	20	120	130	240	50	1,110	20	670	—	—	—	—	—	—	—	—
		その他	—	—	—	—	3	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鞭毛虫類	*Euglena*	—	—	3,170	2520	—	1,150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Ceratium	—	—	—	30	—	—	4	—	20	—	60	—	—	—	—	—	—	—	—
	滴虫類		—	1	2	2	—	10	1		10	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—
	橈脚類	成体	—	33	33	45	39	17	26		24	89	18	—	—	—	—	—	—	—	—
		幼体	—	5	2	6	7	2	2		7	11	12	—	—	—	—	—	—	—	—
	その他の動物		—	1	—	2	—	—	—		3	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—
7m	硅藻類	*Skeletonema*	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Chaetoceros	—	—	—	—	—	—	230	—	300	10	380	—	—	—	—	—	—	—	—
		Thalassiothrix	—	—	—	—	—	—	870	—	1,040	40	890	—	—	—	—	—	—	—	—
		その他	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—
	鞭毛虫類	*Euglena*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Ceratium	—	—	—	—	—	—	30	—	30	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—
	滴虫類		—	—	—	—	—	—	—	—	30	5	14	—	—	—	—	—	—	—	—
	橈脚類	成体	—	—	—	—	—	—	16	—	25	54	12	—	—	—	—	—	—	—	—
		幼体	—	—	—	—	—	—	7	—	7	16	10	—	—	—	—	—	—	—	—
	その他の動物		—	—	—	—	—	—	—	—	6	1	16	—	—	—	—	—	—	—	—

水深	浮游生物＼地点番号＼潮時	1 干	1 満	2 干	2 満	3 干	3 満	4 干	4 満	5 干	5 満	6 干	6 満	7 干	7 満	8 干	8 満	9 干	9 満	10 干	10 満
9m	硅藻類 *Skeletonema*	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—
	硅藻類 *Chaetoceros*	—	—	—	—	—	—	—	350	—	—	—	350	—	—	—	—	—	—	—	—
	硅藻類 *Thalassiothrix*	—	—	—	—	—	—	—	820	—	—	—	1,010	—	—	—	—	—	—	—	—
	硅藻類 その他	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鞭毛虫類 *Euglena*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鞭毛虫類 *Ceratium*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—
	滴虫類	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—
	橈脚類 成体	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—	56	12	—	—	—	—	—	—	—	—
	橈脚類 幼体	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	17	15	—	—	—	—	—	—	—	—
	その他の動物	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	10	—	—	—	—	—	—	—	—

※　群体をなすものは群体数、他は細胞数又は個体数を1立当りに換算して示す。
※※　深さ 2m 未満の底層をも含む (3,5,7,9m も之に準ずる)

第3表　第2回 (7月24日) 浮游生物調査結果※

水深	浮游生物＼地点番号＼潮時	2 干	2 満	3 干	3 満	4 干	4 満	5 干	5 満	6 干	6 満	8 干	8 満	9 干	9 満
0m	硅藻類 *Skeletonema*	1,000	1,300	270	3,060	60	60	60	20	120	70	80	30	220	420
	硅藻類 *Chaetoceros*	60	520	160	1,670	40	1,510	50	1,830	90	2,310	70	1,720	20	1,860
	硅藻類 *Thalassiothrix*	20	170	90	620	3	630	10	1,320	10	580	10	740	5	430
	硅藻類 その他	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鞭毛虫類 *Euglena*	1,280	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鞭毛虫類 *Ceratium*	—	3	1	—	—	20	—	10	1	7	1	10	—	20
	滴虫類	52	13	66	4	25	59	6	44	10	32	9	36	18	106
	橈脚類 成体	4	11	6	4	11	19	2	26	5	24	12	36	4	31
	橈脚類 幼体	3	6	3	8	26	34	2	21	5	6	5	20	14	12
	その他の動物	1	14	—	4	—	26	1	17	4	75	—	—	—	8
3m ※※	硅藻類 *Skeletonema*	470	600	240	1,600	210	200	30	80	20	110	60	120	250	200
	硅藻類 *Chaetoceros*	220	2,160	270	3,350	900	4,570	50	4,780	50	2,720	10	700	40	2,630
	硅藻類 *Thalassiothrix*	90	600	120	930	260	930	20	2,090	20	1,920	10	230	10	1,140
	硅藻類 その他	—	—	—	—	—	7	—	—	—	—	—	—	—	—
	鞭毛虫類 *Euglena*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鞭毛虫類 *Ceratium*	—	—	—	6	1	13	1	30	—	40	—	—	—	2
	滴虫類	11	30	14	35	37	80	14	84	7	70	—	4	11	30
	橈脚類 成体	29	49	31	35	26	8	27	10	34	19	12	32	22	39
	橈脚類 幼体	10	25	4	25	31	11	11	27	16	6	7	20	26	41
	その他の動物	—	10	—	2	—	17	—	28	—	19	—	—	1	15

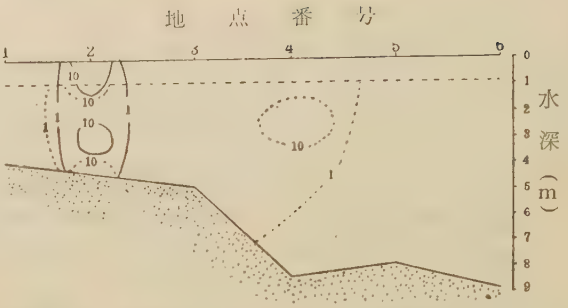
水深	浮游生物 ＼ 地点番号		2		3		4		5		6		8		9	
			干	満	干	満	干	満	干	満	干	満	干	満	干	満
5m	硅藻類	*Skeletonema*	—	500	—	1,350	20	30	70	40	40	120	—	—	—	—
		Chaetoceros	—	1,510	—	3,670	260	2,620	1,140	5,130	340	4,520	—	—	—	—
		Thalattiothrix	—	880	—	1,020	250	2,400	270	3,610	120	3,660	—	—	—	—
		その他	—	—	—	—	—	18	—	—	—	—	—	—	—	—
	鞭毛類	*Euglena*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Ceratium	—	4	—	2	2	10	—	—	—	90	—	—	—	—
	滴虫類		—	39	—	23	20	80	32	40	14	70	—	—	—	—
	橈脚類	成体	—	56	—	58	40	23	24	9	19	9	—	—	—	—
		幼体	—	29	—	14	9	12	21	11	11	13	—	—	—	—
	その他の動物		—	3	—	—	1	17	1	7	2	4	—	—	—	—
7m	硅藻類	*Skeletonema*	—	—	—	—	—	—	—	50	—	60	—	—	—	—
		Chaetoceros	—	—	—	—	—	—	—	6,210	—	4,330	—	—	—	—
		Thalassiothrix	—	—	—	—	—	—	—	3,130	—	3,840	—	—	—	—
		その他	—	—	—	—	—	—	—	20	—	—	—	—	—	—
	鞭毛類	*Euglena*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Ceratium	—	—	—	—	—	—	—	30	—	30	—	—	—	—
	滴虫類		—	—	—	—	—	—	—	15	—	34	—	—	—	—
	橈脚類	成体	—	—	—	—	—	—	—	11	—	7	—	—	—	—
		幼体	—	—	—	—	—	—	—	3	—	12	—	—	—	—
	その他の動物		—	—	—	—	—	—	—	6	—	16	—	—	—	—

※　群体をなすものは群体数、他は細胞数又は個体数を1立換算して示す。
※※　深さ 3m 未満の底層をも含む (5m、7m も之に準ずる)。

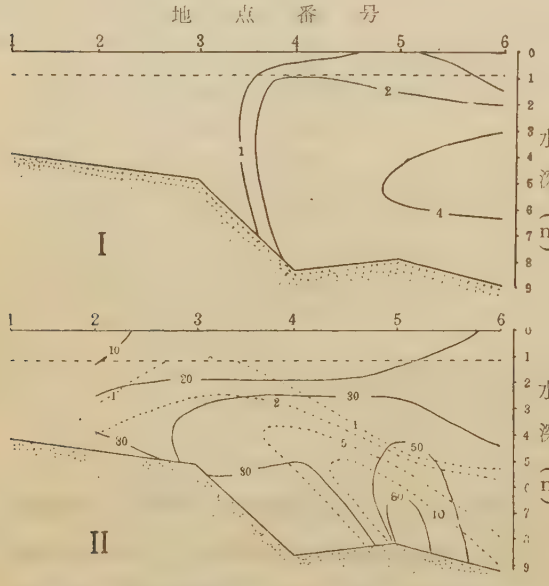
Euglena は第1回目には干潮時・満潮時とも多数出現した。塩釜港内には常時無色又は褐色の鞭毛虫が出現するが、之等は何れも小型であり、網採集によつては採集されない。之等の小型鞭毛虫と異る *Euglena* が港内に多数出現したことは大雨後の特徴の一つであると考えられる。*Euglena* は第1回目の干潮時特に多く St. 4 から St. 1 港奥まで出現した。但し之等が凡てその時の海水条件で突然大増殖したものかどうかは疑問である。前述の酸素飽和度並びに pH の項で述べた如く、*Euglena* の影響は顕著にあらわれているが、之等の変化は表層に於てのみ大きい事を考えると、*Euglena* は淡水中から運搬されてきて増殖もするが、一部は既に生存能力が弱くなつて沈降乃至は単に浮游していたのではないかとも考えられる。満潮時になると分布範囲は殆んど St. 2 のみに極限されてしまう。(第 11 図)。第2回目には St. 2 にみられるだけとなり、それも干潮時だけで、満潮時には痕跡的な少数が St. 2 にみられるだけとなる。

Chaetoceros は第1回目と第2回目では若干種類構成が異る如くにみられるが、何れも *Hyalochate* 亜属のもので *Ch. affinis* が主体である。第1回目・第2回目とも干潮時と満潮時の出現数の差は著しく大きく、干潮時から満潮時迄の増殖のみによるとは考え難い。縦断面の分布をみ

ると満潮時・干潮時ともに港口部が大であり、横断面に於ては満潮時航路部が周辺より大なることからも知られるように、恐らく之は港外の増殖水域からの流入部分の方が大であると考えられる。丸茂・川原田 (1951) によれば、*Chaetoceros* の *Hyalochate* は反 Cl 型の分布を示す、即ち Cl 量が高い地点は低い地点より Chaetoceros は少い。第1報に別告したように、普通状態ではこのような反



第11図　縦断面における *Euglena* の分布
1956 年7月19日……干潮時 ——満潮時
(図中の数字は L 当りの個体数で 1/1000 にして示してある。)

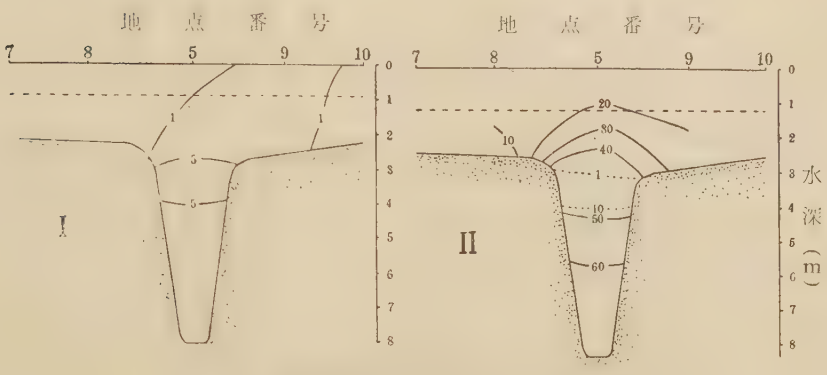


第12図　縦横面における *Chaetoceros* の分布
……干潮時　——満潮時
I　1956 年7月16日(第1回目)
II　1956 年7月24日(第2回目)
(図中の数字は L 当りの群体数で1/100 にして示してある)

Cl型分布は顕著であり、又干潮時の出現数は満潮時よりも大であつた。本調査では之と逆に Cl 量が高ければ出現数大であり又満潮時か干潮時より大であつて、Cl型の分布とも考えられる。然し、第2回目の港口部では若干ではあるが反 Cl 型の分布も見受けられるので、この場合は之等の分布を Cl 型と考えるよりはむしろ反淡水型の分布を示したと考える方が妥当ではなかろうか。即ち *Chaetoceros* の *Hyalochate* は湾外の高鹹水に対して負の相関々係を示すが、本調査のような淡水に対してもやはり負の相関々係を示すものと考えられる。(第12図、I, II 及び第13図、I, II)

Thalassiothrix は *Chaetoceros* と略々同様の変化を示す。(第14図、I, II 及び第15図、I, II)

Skeletonema は干満による出現数の差は左程大ではなく、又干潮時に於ても港奥部の方が港口部より多いので満潮時の流入水によつて運ばれるとは考え難いので、増殖による増加であると考えられる。(第16図)　又 *Skeletonema* の分布の中心は、縦断面に於ても横断面に於ても、*Chaetoceros*, *Thalassithrix* の分布中心とは異り、後2者の周辺又は港奥部にみられることは与味深い。(第17図) 第1報に報告したように、普通状態では *Skeletonema* は *Chaetoceros* と略々の同様の分布傾向を示しているが、本調査では之等の分布水域が若干異つている。このことは、之等の種が湾外水及び陸水に対しては略々同様な関係を示すが、水質変化が激しい大雨後の

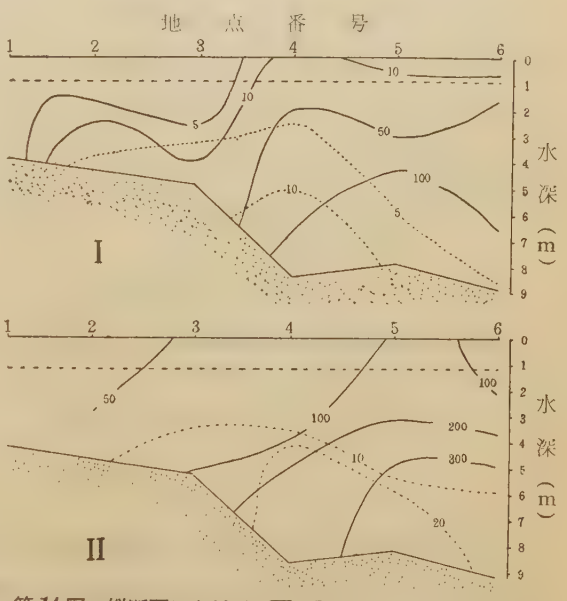


第13図　横断面における *Chaetoceros* の分布
……干潮時　——満潮時
I　1956 年7月19日（第1回目）
II 1956 年7月24日（第2回目）
（図中の数字は L 当りの群体数で 1/100 にして示してある）

混合水域では、之等の適水域の僅かな差がはつきり分布にもあらわれたものと考えられる。

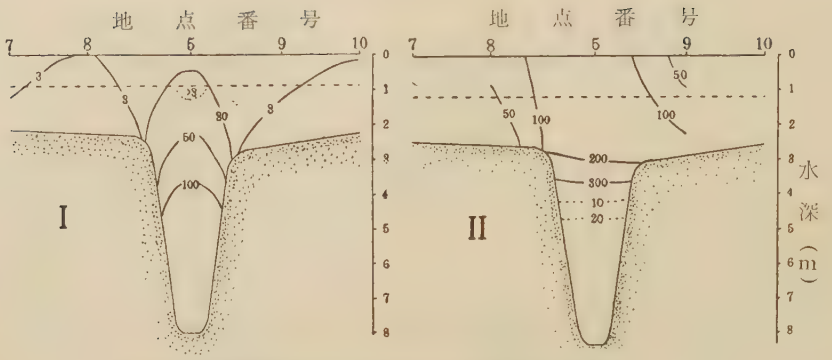
尚之等珪藻類は第1回目に比較すると第2回目には著しく増加しているし、干潮時から満潮時にいたる短時間のうちにも相当程度増殖による増加が認められる。このことは大雨による著しい水質変化を示すものと考えられる。

滴虫類は4種が混在し、主体は ***Tintinopsis radix*** と ***T. butchlii*** であるが、之等の分布の変化は第1回目・第2回目ともに干満により著しい。干潮時は港奥部に、満潮時は港口部に多く、又垂直的にも分布中心の変化は大である。（第 18 図、I 及び II）。

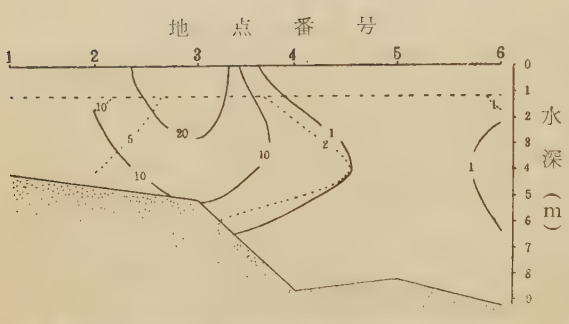


第14図　縦断面における ***Thalassiothrix*** の分布
……干潮時　——満潮時
I　1956 年7月19日（第1回目）
II 1956 年7月24日（第2回目）
（図中の数字は L 当りの群体数で 1/10 にして示してある。）

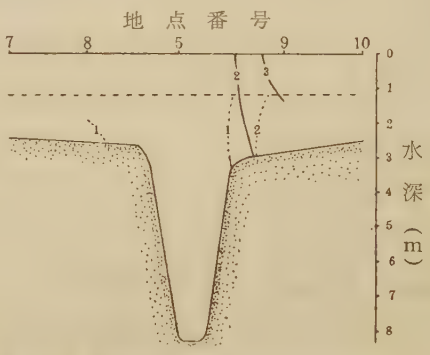
橈脚類の主体は *Oithona nana* と橈脚類の *Nauplius* 幼生である。*Acartia, Paracalanus* の小型（湾内型）、*Oithona similis* 等は之に次いで多いが、之等は前2者に比して数は少い。従つて橈脚類の分布は主として *Oithona nana* と *Nauplius* 幼生によつて影響される。両者の分布深度の差異により 0, 2m 層は *Nauplius* 幼生、2m 以深は *Oithona nana* の最大層と、橈脚類総数の最大層が略々一致する。橈脚類の分布は第1回目の満潮時の St. 6 の増加を除けば、両



第15図　横断面における *Thalassiothrix* の分布
……干潮時　——満潮時
I　1956 年7月19日（第 回目）
II　1956 年7月24日（第 回目）
（図中の数字はL当りの群体数で 1/10 にして示してある。）



第16図　縦断面における *Skeletonema* の分布
…干潮時　——満潮時
1956 年7月24日
（図中の数字はL当り群体数で 1/100 にして示してある。）

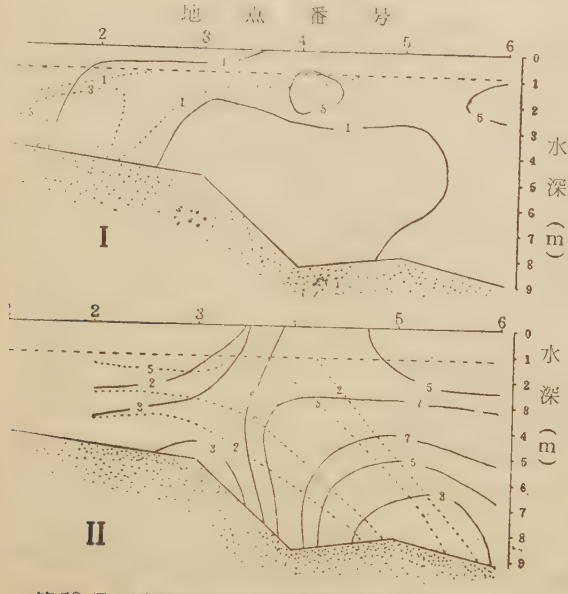


第17図　横断面における *Skeletonema* の分布
……干潮時　——満潮時
1956 年7月24日
（図中の数字はL当り群体数で 1/100 にして示してある。）

回とも干潮時には St. 4 以奥の中層、満潮時には St. 4 を中心とした港中央部に濃密に分布している。（第19図、I 及び II）之等の分布水域は略々 *Skeletonema* に類似するが、干満による分布中心の移動は *Skeletonema* と大いに異る。殊に横断面における著しい変化は、この移動の原因が之等自体の垂直移動や之等を含んだ水塊そのものの移動と混合のみによるとは考え難いが、更に資料を集めてから検討を加えることにしたい（第20図、I 及び II）。

結　　語

今回のような夏季停滞期における大雨による淡水の出水は、Cl 量の分布からみれば沖合の高鹹水との混合は緩慢であり、従つてかなり長い期間表層には低鹹水が分布しているものと思われる。普通状態では第1報で報告したように、St. 3 以奥が主として汚れていると云える状態である

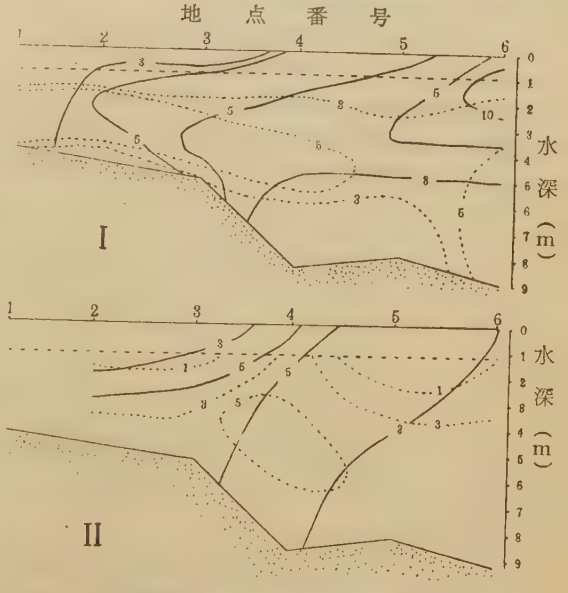


第18図　縦断面における滴虫類の分布
…干潮時　—満潮時
I　1956年7月19日(第1回目)
II　1956年7月24日(第2回目)
(図中の数字はL当りの個体数で1/10にして示してある。)

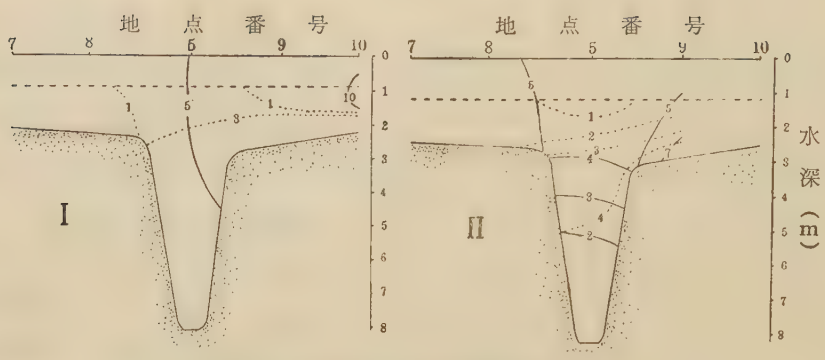
て脅威となるものと思われる。

浮游生物は、出水とそれに伴う低鹹水の分布により、淡水性種が多量に出現し、外洋性及び沿岸性硅藻類は一時減少する。之等浮游生物の変化は逆にpH・酸素飽和度等の水質にも大きな影響を与えるように見うけられる。又港外港内の水質の差異が大となるため、出現する浮游生物の干満による差は普通状態より著しく大となる。次にこのような低鹹状態から次第に快復するにつれて硅藻類は急激に増殖する。この際港口から港奥迄の水質条件の差異に応じて、普通状態では略々同一の分布を示した種もやゝ異つた分布を示す。塩釜港内特に港奥部は普通状態に於ても比較的透明度が低く濁つてい

が、本調査のような大雨の後には港内全体に拡がることになる。$KMnO_4$ 消費量の著しい高い値の広い範囲の分布状態、酸素飽和度及びpHの干潮時における全般的な低下、透明度の低い分布等が伴つて、このような条件が生物に及ぼす影響も無視出来ないと思う。懸濁する泥土や有機物質の沈降によつて $KMnO_4$ 消費量・透明度等は変化するものと思われるが、Cl量の回復状態に比すると、$KMnO_4$ 消費量・透明度等は普通状態への回復は早いようである。然し之等懸濁物質の底土への沈降後の多量な有機物質の急速な分解等が起るときは、それに伴う附随的な現象によつて更に環境条件を悪化せしめることも考えられる。又表層部における低鹹水の漫性的分布も生物にとつ



第19図　縦断面における橈脚類の分布
……干潮時　——満潮時
I　1956年7月19日（第1回目）
II　1956年7月24日（第2回目）
(図中の数字はL当りの個体数で1/10にして示してある。)



第20図　横断面における橈脚類の分布
……干潮時　——満潮時
I　1956 年7月19日（第1回目）
II　1956 年7月24日（第2回目）
（図中の数字はL当りの個体数で 1/10 にして示してある。）

るため、第1報で報告したような硅藻類の異常な増殖があつても発見され難いが、大雨後の増殖が更に進行して赤潮を惹起する場合は、生物の環境条件を悪化させる場合も考えられる。

参　考　文　献

川原田　裕 (1954) 海洋学会誌 10(1)
丸茂隆三 (1954) 海洋学会誌 10(2)
丸茂隆三・川原田裕 (1951) 海洋報告 2(1)
谷田専治・奥田泰造 (1956) 東北水研報告 (6)
谷田専治・奥田泰造・佐藤重勝 (1957) 東北水研報告 (9)
山路　勇 (1956) 日本プランクトン研究者連絡会報 (3)

既刊　東北海區水產研究所　研究報告

第 1 号　(昭和27年6月發行)

業績番號			頁
第10號	東北海區に來游するカツオのポピユレーションに就いて……	川崎　健	1
第11號	言書漁業に記錄されたカツオ・マグロ類の像……	木村喜之助 岩下光男 服部稔郎	15
第12號	東北海區に於ける底魚の消化系と食性に就いて　第1報　キチヂ……	三河正男	20
第13號	東北海區產アブラガレイ *Athersthes evermanni* JORDAN & STARKS に就いて　第1報　年令査定の基礎的研究……	甲二郎	25
第14號	底曳網の漁獲性能（第1報）……	猿田達雄 淺井達男 安河正夫	35
第15號	東北海區產サメガレイ *Clidoderma asperrmum* TEMMINCK & SCHLEGEL に就いて　第1報　年令査定の基礎的研究……	甲二郎	43
第16號	魚類の標識放流方法に關する一資料……	猿田達雄 笠原康平	50
第17號	ブリの產卵場・產卵期に關するブリの卵巢の調査……	木村喜之助	54
第18號	垂下養殖カキの附着生物に關する研究　第1報　ムラサキイガイ (*Mytilus edulis* LINNÉ) の驅除について……	佐藤省吾 武田忠郎	63
第19號	松島灣附近のシジミに關する研究……	谷田專治 平野和夫	68
第20號	アブラザメ (*Squalus suckleyi G.*) の肝臟色彩とビタミンA濃度との關係	山村彌六郎	83
寄稿	海況の變化に關する漁業生物學的研究……	畑中正吉	88

第 2 号　(昭和28年11月發行)

第22號	東北海區金華山沖に於けるカツオ土漁場の成立に就いて……	北野清光	1
第23號	カツオに寄生する鉤頭虫類の1種 (*Rhadinorhynchus katsuwonis* HARADA) の寄生率について（豫報）……	堀田秀之 小川達	11
第24號	薩南海區のカツオ幼魚の分布について……	堀田秀之	19
第25號	釣上直後のカツオの体温に就いて(特に血合筋の異常高温に關して)……	福島信一	22
第26號	東北海區に於ける底魚類の消化系と食性について（第2報）サメガレイ・ババガレイ……	三河正男	26
第27號	ババガレイの年令査定及び成長……	笠原康平	37
第28號	ナメタガレイ *Glyptocephalus stelleri* の年令に關する基礎的研究……	橋本良平	49
第29號	垂下養殖カキの附着生物に關する研究　第2報　季節的變化……	谷田專治 佐藤省吾	56
第30號	アマノリ類の生活史の研究　第1報　果胞子の發芽と成長……	黒木宗尙	67
第31號	アサクサノリの糸狀体の單胞子放出に就いて……	黒木宗尙	104
第32號	內灣底土中の可溶生榮養塩について　第1報　底土に含まれる可溶性榮養塩についての一考察……	奥田泰造	109
第33號	內灣底土中の可溶性榮養塩について　第2報　底土耕耘による榮養塩溶出の可能性について……	奥田泰造	118
第34號	アブラザメ (*Squalus suckleyi G.*) の体長と肝油のビタミンA濃度との關係……	山村彌六郎 武藤清一郎	126
第35號	寒天ジエリーの强度について　第4報……	谷井潔	134

第 3 号　(昭和29年10月發行)

業績番號			頁
第37號	カツオ群の性狀　第1報　東北海區のカツオ群を"付きもの"別に見た場合の各群の分布・組成・魚体の大きさに就いて	木村喜之助	

第 4 号　(昭和30年3月發行)

第41號	東北海區における極前線帶とその變動について　第1報	川合英夫	1
第42號	東北海區に於けるカツオ魚類の漁獲水温に就いて	黒田隆哉	47
第43號	海區別カツオの食餌組成について	堀井貞之 小牧一三	62
第44號	日本西南海區に來游するカツオの移動および成長に就いて	川崎健	83
第45號	伊豆・小笠原及び東北海區におけるカツオの移動及び成長について	川崎健	101
第46號	日本近海に於けるマルソーダカツオの季節的分布とその成長	堀井貞之	120
第47號	底曳網漁獲量の群衆生態學的考察	甲斐一郎	127
第48號	東北海區に於ける底魚類の消化系と食性に就いて第3報 アブラガレイ	三谷五男	136
第49號	アブラガレイの年令査定に就いて	笠原康平	147
第50號	ヤナギムシガレイの年令に關する基礎的研究	重永良下	156
第51號	サメガレイの生態學的研究　第1報　肥滿度・生殖腺重量の季節的變化に就いて	笠原康平	165
第52號	スルメイカ *Ommastrephes sloani pacificus* (Steenstrup) の成長度と年齢に就いて	安井達夫 伊戸芳男	173
第53號	機船底曳網の網目に依るキチヂ魚体長の選擇性	丸山潔 小滝一三	180
第54號	松島湾の水産資源に關する基礎研究　第1報　松島湾の底質について	奥田泰造 佐藤右吉	187
寄稿	松島湾の水産資源に關する基礎研究　第2報　松島湾の底棲生物群集	山本慶太郎	208
第55號	內湾底土中の可溶性榮養塩について　第3報　底土に含まれている可溶性榮養塩の海水中への溶出に關する二・三の考察	奥田泰造	215
第56號	養殖海苔の色沢變化に關する研究　第1報　水溶性色素の變化について	佐野孝	243
第57號	乾燥・海水塩分・光線がアマノリ類の糸狀体 (Conchocelis 期) に及ぼす影響	黒木宗尚 平野和夫	262
第58號	アサクサノリの糸狀体の單胞子放出について　第2報　放出の日週期	黒木宗尚 平野和夫	297
第59號	乾ノリに關する研究　第1報　ノリの赤外線乾燥處理についての考察	梅本滋	283
第60號	岩手縣沿岸河川の水質について	佐野孝	294
第61號	アブラガレイのビタミンA含量の研究　第1報	山村彌六郎 武藤清一郎	299

第 5 号　(昭和30年10月發行)

第62號	東北海區における極前線帶とその變動について (第2報)	川合英夫	1
第63號	日本近海のカツオの卵巢について	八百正和	43
第64號	移殖サルボウの成長について	谷田專治	53
第65號	養殖海苔の色沢變化に關する研究　第2報　脂溶性色素及び水溶性色素の變化について	佐野孝	64
第66號	內湾底土中の可溶性榮養塩について　第4報　底土と海水間における可溶性無機燐の行動に關する一實驗	奥田泰造	79
第67號	魚類肝臟及び其の他の器官におけるビタミンAの存在狀態に關する研究 (第1報)	山村彌六郎	92
第68號	チクワ漂白の目的で行われている過酸化水素處理について檢討	梅本滋	103

第 6 号　(昭和31年3月發行)

業績番號　　頁

第70號　サメのビタミンAに關する研究 第1報 原科學的研究……山村彌六郎 1

第71號　Notes on the Inversion of the Upper Water Temperature in the Waters to the Northeast of Japan in Summer……Hideo Kawai 71
〔BTの記錄から見た夏季東北海區における上層水温の逆轉について〕

第72號　日本近海におけるビンナガマグロの生態について……川崎健・相澤幸雄 81

第73號　仙台湾の[illegible]に關する基礎研究 第3報 底棲の動物群集……谷田専治・山本護太郎・佐藤省吾 93

第74號　仙台湾の[illegible]に關する基礎研究 第4報 水質・底質並に底棲動物の季節遷移……谷田専治・奥田泰造 106

第 7 号　(昭和31年3月發行)

第75號　標準体長として測るべき魚体の部位に就いて……木村喜之助 1

第76號　東北海區に於ける漁獲サンマの体長組成に就いて……福島信一 12

第77號　サンマの肥滿度に就いて……福島信一・水沼琢 37

第78號　サンマの脂肪含有量の変動に就いて……長倉克男 54

第79號　サンマの食餌構成と攝餌行動に就いて……堀田秀之・小達和子 60

第80號　東北海區に於けるサンマ稚魚の分布と産卵魚の成熟狀態……小達繁 70

第81號　海況による魚群の集合・分離の一理論
第1報　東北海區秋季のサンマ漁場に關して……木村喜之助 103

第82號　昭和11年～18年時代の本邦サンマ流網漁況に就いて……木村喜之助 146

第83號　定置網の漁獲サンマに就いて……木村喜之助 184

第84號　[illegible]サンマに就いて
(東北水研・北海道水試 共同調査)……木村喜之助・堀田秀之・小達繁・福原暁・内藤政治 239

寄稿　青森縣西海岸に於けるサンマ漁況……大高兼太郎 296

第 8 号　(昭和31年11月發行)

第85號　サンマの脊椎骨数……小達繁 1

第86號　サメのビタミンAに關する研究 第2報 不鹸化物の[illegible](1)……山村彌六郎・武藤清一郎 15

第87號　アマノリ類の糸状体の單胞子放出について(海苔の養殖)……黒木宗尚・半野和夫 27

第88號　アサクサノリの糸状体の生長・單胞子嚢形成・單胞子放出と水温との関係……黒木宗尚・半野和夫 45

第89號　養殖海苔の色澤變化に關する研究 第3報
所謂夏ノリの脂溶性色素及び水溶性色素の變化について……佐野孝 62

第90號　乾ノリに關する研究 第2報 ノリ簀についての考察……梅本滋・谷田専治 70

既刊 研究業績(東北海區水産研究所 研究報告 以外の分)

業績番號

第1號　漂流瓶による海流調査(第1報)駿河湾の海流(特に湾内の循環流に就いて)

……木村喜之助〔日本海洋學會誌，第5卷，第2～4號，p. 70～84(1950)〕

第2號　東北海區カツオ魚体組成について
……山中一郎〔日本海洋學會誌，第5卷，第2～4號，p. 99～104(1950)〕

第3號　異方性海洋に於ける定常吹送循環流に就いての一問題 第1報 解析的解法（其の1）
……須藤泰一〔日本海洋學會誌，第5卷，第2～4號，p. 130～142(1950)〕

第4號　寒天ジェリーの強度について（其の3）
……谷井　潔〔日本水產學會誌，第16卷，第4號，p. 115～118(1950)〕

第5號　アブラザメ燻製保存試驗 第1報 腐敗觀を呈する迄の日數と温度との關係
……山村彌六郎〔日本水產學會誌，第16卷，第10號，p. 433～434(1951)〕

第6號　同　上　第2報 油脂の變化について
……山村彌六郎〔日本水產學會誌，第16卷，第11號，p. 510～512(1951)〕

第7號　同　上　第3報 アンモニアの生成について
……山村彌六郎〔日本水產學會誌，第16卷，第11號，p. 513～516(1951)〕

第8號　魚粉食用化に關する研究……東　秀雄，新田　忠雄，長倉　克男，梅本　滋
〔日本水產學會誌，第17卷，第6號，p. 147～156(1951)〕

第9號　アブラザメ肝臟のビタミンAに關する研究 第4報 季節的變化について
……山村彌六郎〔日本水產學會誌，第17卷，第11號，p. 337～341(1952)〕

第21號　サバの洄游路（サバ標識放流試驗結果）
……木村喜之助〔日本水產學會誌，第19卷，第4號，p. 415～423(1953)〕

第36號　NH_3-H_2O 系による寒天質の抽出について……谷井潔（東北水研），絹卷　烝(東北大學非水研)
(東北大學非水溶液化學研究所報告，第3卷，第2號，p. 129～136(1953)〕

第38號　魚肉の坐りについて (V) 座りの判定及び比較の方法
……梅本　滋(東北水研)，岡田　稔(東海水研)．右田　正男(東海水研)
〔日本水產學會誌，第20卷，第4號，p. 313～318(1954)〕

第39號　サンマの黃色色素について（豫報）
……長倉　克男〔日本水產學會誌，第20卷，第4號，p. 286～291(1954)〕

第40號　NH_3–$C_3H_5(OH)_3$ 系依る寒天質の抽出について
……谷井　潔(東北水研)，絹卷　烝(東北大學非水研)
〔東北大學非水溶液化學研究所報告，第4卷，第2號，p. 133～142(1954)〕

第69號　NH_3–H_2O 系抽出粗寒天の精製に關する研究
……谷井　潔(東北水研)，絹卷　烝(東北大學非水研)
〔東北大學非水溶液化學研究所報告，第5卷，第2號，p. 65～75(1955)〕

既刊　出版物　(研究業績以外の重要出版物)

東北水研叢書

第1號　カツオに就いて　(1952)，
第2號　カキの養殖　(1952)，
第3號　海苔養殖に就いて　(1952)，
第4號　サメの利用　(1952)，
第5號　東北・北海道太平洋沿岸水域における機船底曳網漁業の禁止區域と網目について　(1952)，
第6號　東北海區の底魚　(1956)，

東北海區水產研究所海洋資源年報

昭和24年度海洋調查篇　(1952 發行)
昭和26年度底魚資源篇　(1952 〃)
昭和26–27年度底魚資源篇　(1954 〃)
昭和27–28年度底魚資源篇　(1955 〃)
昭和26年度カツオ資源篇　(1955 〃)
昭和26年度サンマ資源篇　(1955 〃)

東北海區水產研究所
研究報告（第9號）

印刷發行　昭和32年3月20日
編　輯　東北海區水產研究所
印刷者　相澤嘉造
東北印刷株式會社
仙台市教樂院丁6

發行所　東北海區水產研究所
宮城縣塩釜市東塩釜　電話1260番

CONTENTS

Tanii, K. Study on Agar 1

Yamamura, Y. and Muto, S. Studies on Vitamin A in the Shark. III. On the True Value and Free and Ester Form of the Vitamin A 61

Kawasaki, T. Relation between the Live-Bait Fishery of *Albacore* and the Oceanographical Conditions in Waters adjacent to Japan. I. The Fishing Ground South of the Kuroshio Front 69

Odate, S. Studies on the Larval Fish of the Japanese Anchovy, *Engraulis japonica* (HOUTTUYN), in the Northeastern Sea Area of Japan 111

Hotta, H. Juvenile and young Mackerel (Genus *Scomber*) from the Stomach Contents of Skipjack from the adjacent Sea of Southern Kyushu 129

Tanita, S. and Kikuchi, S. On the Density Effect of the Raft Cultured Oysters. I. The Density Effect within one Plate 133

Okuda, T. On the soluble Nutrients in Bay Deposits. V. Influence of Ammonia-N and Phosphate-P during the Storage of Bottom Muds 143

Okuda, T. On the soluble Nutrients in Bay Deposits. VI. Seasonal Changes of the Inorganic Nitrogen and Phosphorus in the Pore Water of Bottom Muds 151

Tanita, S., Okuda, T. and Sato, S. Influences of Sewages and Fresh Waters on the Water of the Shiogama Harbour. I. General Conditions of the Water Properties of the Shiogama Harbour 165

Sato, S., Okuda, T. and Tanita, S. Influences of Sewages and Fresh Waters on the Water of the Shiogama Harbour. II. Water properties after Heavy Rainfall 182